

**Estudio de la oxidación y la corrosión de los metales: Una construcción  
fenomenológica sobre la transformación de las sustancias**

**Maria Fernanda Ortiz Gonzalez**

**Laura Paola Solarte Hernández**

**UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL  
FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA- DEPARTAMENTO DE FÍSICA  
MAESTRÍA EN DOCENCIA DE LAS CIENCIAS NATURALES  
BOGOTÁ, D. C.**

**2021**

**Estudio de la oxidación y la corrosión de los metales: Una construcción fenomenológica sobre la transformación de las sustancias**

**Maria Fernanda Ortiz Gonzalez**

**Laura Paola Solarte Hernández**

**Trabajo de grado para optar por el título de maestría**

**Juan Alberto Aldana González**

**José Francisco Malagón Martínez**

**Sandra Sandoval Osorio**

**Asesores**

**Grupo de Estudios Histórico – Críticos y Enseñanza de las Ciencias**

**UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL  
FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA  
DEPARTAMENTO DE FÍSICA  
MAESTRÍA EN DOCENCIA DE LAS CIENCIAS NATURALES  
BOGOTÁ, D. C.  
2021**

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

## **Agradecimientos**

### **Laura Paola Solarte Hernández**

*Quiero agradecer en primer lugar a mis padres Silvia Hernández y Gabriel Solarte, a mis hermanos Leidy y Jhon David por acompañarme siempre y brindarme el apoyo necesario en este arduo trabajo.*

*A mi hijo Dilan Moreno Solarte por la paciencia que me tuvo en todo el desarrollo del documento y las largas jornadas de trabajo.*

### **Maria Fernanda Ortiz Gonzalez**

*En primer lugar, quiero agradecerles a mis padres Claudia Gonzalez y Néstor Ortiz por su amor eterno, a mis hermanos Nicolás y Diego por acompañarme siempre y brindarme el apoyo necesario en este arduo trabajo.*

*A mi novio y su familia por su paciencia, cariño y apoyo durante todo este tiempo.*

*A Romeo por ser el más fiel compañero de todos y a mis familiares por brindarme su bonita energía.*

*A nuestros estudiantes.*

*A nuestros asesores Sandra Sandoval, Francisco Malagón y Juan Aldana por encaminarnos y ayudarnos a construir esta propuesta de trabajo de grado.*

*A nuestra amada Universidad Pedagógica Nacional por abrirnos sus puertas y darnos nuevamente la oportunidad de formarnos como unas mejores licenciadas ahora*  
**Magister.**

## CONTENIDO

<b>1. ASPECTOS PRELIMINARES.....</b>	<b>9</b>
1.1. Introducción Al Documento .....	9
1.2. Contexto Problemático.....	12
1.3. Justificación.....	13
1.3.1. Objetivo General.....	15
1.3.2. Objetivos Específicos .....	15
1.4. Metodología de la propuesta del trabajo de grado ...	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
<b>2. RELACIÓN ENTRE LA HISTORIA Y LA CONSTRUCCIÓN DE EXPLICACIONES CIENTÍFICAS ASOCIADAS A LOS FENÓMENOS DE OXIDACIÓN Y CORROSIÓN. ....</b>	<b>17</b>
2.1. Antes De La Revisión Histórica.....	17
2.1.1. Una Revisión Histórica De Los Fenómenos De La Oxidación Y Corrosión De Los Metales.....	18
2.1.2. El fin de la Alquimia... ¿Los metales se transforman o se transmutan? ¿Se puede convertir un metal como el zinc en oro? .....	20
2.1.3. La Química De Los Metales Desde La Perspectiva De Lavoisier.....	21
2.1.4 ¿Los ambientes húmedos favorecen las reacciones de oxidación y corrosión en los metales? .....	25
<b>3. CONSTRUCCIÓN DE EXPLICACIONES DERIVADAS DE LA EXPERIMENTACIÓN CON METALES.....</b>	<b>28</b>
3.1. El Papel Del Experimento En La Enseñanza De La Oxidación Y Corrosión .....	28
3.2. ¿Oxidación o Corrosión?: Experimentando con diferentes metales.....	29
3.2.1. Primera Actividad Experimental: Comportamiento De Algunos Metales En El Proceso De Oxidación O Corrosión .....	32
3.2.2. Segunda actividad experimental: Oxidación y corrosión en el hierro y cobre .	37
3.2.3. Tercera actividad experimental: Hierro y cobre en sustancias ácidas y sal....	43
3.2.4. Cuarta actividad experimental: Efecto de la concentración en las disoluciones .....	49
3.2.5. Quinta actividad experimental: Experimentos con limitación del aire .....	54
3.2.6. Sexta actividad experimental: Electrólisis en la desoxidación de metales.....	60
3.2.7. Aportes de la actividad experimental y la construcción histórica para la	

implementación .....	67
<b>4. PROPUESTA DE AULA, IMPLEMENTACION Y SISTEMATIZACIÓN.....</b>	<b>69</b>
4.1. Implementación De La Secuencia Didáctica .....	73
4.2. Sistematización Y Análisis.....	74
4.2.1. Sistematización Y Organización .....	74
4.2.2. Análisis De Sistematización.....	75
4.2.2.1. Interacción De Los Metales Con Los Medios Y Ambiente, En Función Del Tiempo .....	75
4.2.2.2. Diferenciación entre oxidación y corrosión .....	81
4.3. Reflexión final de la implementación.....	86
<b>5. REFLEXIONES Y CONSIDERACIONES FINALES DE LA PROPUESTA.....</b>	<b>88</b>
5.1. Reflexiones finales construidas a partir de la relación histórica experimental y la implementación de la secuencia didáctica .....	88
5.2. Papel del experimento en la construcción de explicaciones argumentativas sobre la transformación de las sustancias .....	90
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>92</b>
<b>6. ANEXOS.....</b>	<b>94</b>
6.1. Cuadernillo “Los viajes de Boyle y Lavoisier” .....	94
6.2. Sistematización de trabajo en aula .....	114

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Resultados Experimentales con diferentes metales. ....	33
Tabla 2. Resultados experimentales de los montajes con hierro y cobre. ....	39
Tabla 3. Resultados experimentales con sustancias ácidas. ....	45
Tabla 4. Resultados experimentales de acuerdo con la concentración de las disoluciones. .....	51
Tabla 5. Resultados experimentales cuando el montaje se aísla del aire. ....	56
Tabla 6. Organización de la secuencia de actividades a modo de cuadernillo. "Los viajes de Boyle y Lavoisier" .....	70

## TABLA DE IMÁGENES

Imagen 1. Calcinación del mercurio y el estaño realizado por Lavoisier. ....	22
Imagen 2. Materiales para la electrólisis. ....	61
Imagen 3. Montaje de la electrólisis del hierro.....	61
Imagen 4. Montaje de la electrólisis del cobre.....	61
Imagen 5. Puntillas de hierro antes y después de la electrólisis.....	62
Imagen 6. Montaje de la electrólisis del hierro con multímetro. ....	62
Imagen 7. Transformaciones de las puntillas de hierro. ....	62
Imagen 8. Montaje de la electrólisis del cobre con el multímetro. ....	64
Imagen 9. Transformación de los trozos de cobre.....	64

## ANEXOS

Anexo 1. Cuadernillo "Los viajes de Boyle y Lavoisier" .....	94
Anexo 2. Sistematización de trabajo en aula. Fase 1: Ahora es tu turno.....	114
Anexo 3. Sistematización de trabajo en aula. Fase 2: Bienvenido a mi laboratorio.....	118
Anexo 4. Sistematización de trabajo en aula. Fase 3: ¿El aire influye? .....	131
Anexo 5. Sistematización de trabajo en aula. Fase 4: El metal se desoxida. ....	144

## Resumen

En el presente trabajo de grado se presenta una construcción fenomenológica de la oxidación y corrosión basada en revisiones históricas y montajes experimentales en función de la transformación de las sustancias enfocada a la oxidación y corrosión de los metales en interacción con diferentes sustancias y en contacto con distintos medios y ambientes. Para esto se toman algunos de los textos de Antonie Lavoisier y Robert Boyle, donde se discuten puntos que explican el porqué de los cambios en los metales, partiendo desde los aspectos fisicoquímicos como el color, olor, textura, superficie, cambio de estado, formación de precipitados, entre otros y las combinaciones y transformaciones entre las sustancias.

El procedimiento que se llevó a cabo en todo el desarrollo del documento se estructura en tres componentes importantes, en un primer momento la revisión histórica ya mencionada que dio bases para la construcción de experiencias sensibles por parte de las autoras, en un segundo momento el desarrollo de los experimentos con metales y medios y finalmente la elaboración del material para la enseñanza de la oxidación y corrosión. Cabe destacar que este proceso hace parte de una reflexión docente en la que la implementación fue un ejercicio a modo de puesta en escena del trabajo que se puede realizar con el material en el aula y la construcción de explicaciones que se puede lograr.

En este orden de ideas, con base en los referentes históricos se proponen y realizan montajes experimentales que permiten un acercamiento por parte de las autoras a los fenómenos de interés. Seguido de esto, se desarrolla una serie de actividades recopiladas en un cuadernillo titulado “Los viajes de Boyle y Lavoisier” donde se propone que tanto docentes como estudiantes participen de actividades principalmente experimentales en los que se ponen en juego factores que afectan la naturaleza de los metales en interacción con distintos medios, con el fin de ir formalizando explicaciones en torno a la oxidación y corrosión de estos y la transformación de las sustancias.

De lo anterior, se destacan las construcciones que los estudiantes logran realizar a partir de la implementación en el aula, pues se hacen significativos para las autoras las



perspectivas derivadas debido a que complementan el trabajo de grado y los argumentos para el desarrollo del mismo, dichas construcciones se organizan a modo de sistematización para posterior análisis basado en dos criterios, los cuales involucran la transformación de los metales en función del tiempo e interacción con los medios y la diferenciación entre la oxidación y corrosión de los metales.

Por último, en cuanto al desarrollo general del trabajo de grado planteado se presentan algunos alcances y limitaciones de la propuesta que están orientados hacia las reflexiones que se destacan en el desarrollo de todo el documento, entre estas la valoración de las intencionalidades, la continuidad que podría tener en función de la construcción de explicaciones de la transformación de las sustancias y reflexiones finales a modo de conclusión sobre la oxidación y corrosión.

**Palabras clave:** Oxidación, Corrosión, Metales, Interacción, Transformación de las sustancias, Medios acuosos, Análisis histórico, El experimento.

## **1. ASPECTOS PRELIMINARES**

A propósito de la enseñanza de la oxidación y la corrosión en educación media en este apartado se exponen aspectos significativos en la construcción del presente documento, en este se encuentra la contextualización de la problemática o interés de estudio y el planteamiento de tesis que surge a partir del análisis de las dificultades detectadas en la práctica docente al momento de abordar la temática de estudio. Adicionalmente, se presentan los objetivos y la justificación que orientan el trabajo de grado.

### **1.1. Introducción Al Documento**

En este documento se expone el estudio de la oxidación y corrosión de diferentes metales, centrado en las interacciones y transformaciones de las sustancias como una problemática en la enseñanza de las ciencias donde se parte de la experiencia que tienen las docentes en torno a los fenómenos mencionados.

La importancia de la oxidación y corrosión radica en el hecho de los cambios que se evidencian en los metales como cambio de color, olor, forma, texturas, entre otros, son denominados oxidación, asociado a la formación de óxidos, sin tener en cuenta procesos de transformación de las sustancias como los de corrosión; de hecho, esta solo es asociada cuando el metal tiene agujeros o cambios notables en su superficie. En el aula de clases no es diferente esta situación, ya que no se hace énfasis en las interacciones de las sustancias como metales con oxígeno en diferentes condiciones, sino que se supone que los estudiantes ya conocen la distinción entre la formación de óxidos y la formación de otras sustancias diferentes.

Desde esta perspectiva se pretenden construir explicaciones de la oxidación y corrosión, por parte de las docentes, en las cuales el experimento tenga un papel importante al relacionar aspectos conceptuales y experienciales, lo cual lleva a la formulación de nuevos interrogantes y enriquecimiento de estos a través de un trabajo de socialización y discusión conjunto con pares.

A raíz de dicha construcción de explicaciones sobre los fenómenos, se reconoce que existen dificultades que no se pueden evitar en el aula, que radican principalmente en la comprensión de los fenómenos en ciencias; dificultades como la limitación a explicaciones simbólicas, dar por hecho que el estudiante entiende la simbología e imagina las situaciones, y el uso del lenguaje y ejemplificaciones abstractas. Es por ello que surge el interés de abordar situaciones con la oxidación y corrosión de los metales ya que estos son relevantes para establecer una estructura sólida basada en referentes históricos, montajes experimentales y construcciones por parte de las autoras del presente trabajo, que establezcan y expliquen las combinaciones de distintos elementos, en este caso metálicos con diferentes sustancias, contemplando las variables y cambios físicos, para ampliar la base fenomenológica de los procesos de oxidación y corrosión y no limitarlo al uso de ecuaciones químicas como se suele hacer en el aula de ciencias.

Son precisamente las dificultades mencionadas en el párrafo anterior, las que motivan a formular los objetivos de esta propuesta y por tanto se presenta un contexto problemático asociado a las reflexiones que se derivan en el aula acerca de las transformaciones de los metales, con el cual se comprende que la ambigüedad con que se abordan dichos fenómenos puede ser el punto de partida de las dificultades que se han presentado. Lo anterior ayuda a establecer también una justificación para estudiar la oxidación y corrosión de metales en cursos de básica y media, pues se identifica que estas dificultades están presentes en dichos grados de escolaridad. (Orduna & Morrás, 2013)

En este sentido, para construir explicaciones en torno a la oxidación y corrosión, se tuvo en cuenta en un primer momento, que las docentes autoras del trabajo de grado, realizaron una reflexión de sus conocimientos y posturas sobre la oxidación y la corrosión, por lo tanto fue relevante plantear interrogantes, rutas de observación, montajes experimentales y revisiones o construcciones históricas para relacionar y establecer diálogos con los cuales definir cada fenómeno y llenarse de argumentos en función de elaborar el material e ideas que fueron usados en el momento de la intervención en el aula.

En segundo lugar, se resalta el proceso de enseñanza y aprendizaje que se desarrolla en el aula y se tiene en cuenta el diseño e implementación de una secuencia de actividades enfocadas en la enseñanza de la oxidación y corrosión de los metales. El diseño se fundamenta en la construcción histórica y experimental realizada, es por ello que las actividades estuvieron enfocadas en procesos experimentales asociados a los cambios observables y la formación de nuevas sustancias a partir de los metales sumergidos en diferentes soluciones, con estas actividades se procuraba caracterizar los cambios y las nuevas sustancias que se generaban y a la vez que los estudiantes establecieran explicaciones en torno a las preguntas y planteamientos emergentes de cada actividad.

En este orden de ideas, la secuencia didáctica titulada “Los viajes de Boyle y Lavoisier” exponen una serie de situaciones con estatuas metálicas famosas del mundo que sufren procesos de oxidación y corrosión, haciendo que cambien considerablemente los aspectos físicos de cada una de las estatuas; los cambios que sufren son relacionados con los que se observan en metales como una puntilla, una rejilla de una ventana o incluso una moneda al estar en interacción con diferentes sustancias entre estas el agua, el aire y los medios acuosos. En la intervención en el aula, se orientó a los estudiantes a la construcción de significados de los fenómenos de estudio en donde las características físicas de los montajes experimentales fueron base para la construcción de explicaciones de tipo argumentativo con relación a la oxidación y la corrosión.

El tercer y último lugar, en el documento se encuentra la sistematización del proceso de implementación en el aula, donde se resaltan aspectos de interés en los cuales el experimento cobra un lugar importante; el análisis de la sistematización, las consideraciones del trabajo realizado teniendo en cuenta la postura de las autoras como participantes de todo el proceso; sus alcances y limitaciones y unas reflexiones finales en torno a la tesis planteada en la problemática del documento.

## 1.2. Contexto Problemático

El interés por realizar un estudio de los fenómenos de la corrosión y la oxidación surge porque a partir de la experiencia en el aula de ciencias que las autoras han tenido, se ha evidenciado que se suelen reducir las explicaciones a representaciones simbólicas y ecuaciones químicas expuestas en un tablero, sin tener en cuenta las transformaciones de las sustancias. Es decir, que se explican los procesos de oxidación y corrosión a partir de ecuaciones, que posiblemente dificultan los procesos de enseñanza y aprendizaje al presentar explicaciones que requieren de un nivel simbólico, por ejemplo, en clase de química, se habla en términos de intercambios de electrones, donde una sustancia se reduce y otra se oxida, pero no se relaciona con las transformaciones que se producen en los metales a partir de las interacciones con las sustancias que se hallan a su alrededor y las condiciones ambientales donde se encuentren; que implican la generación de diferentes coloraciones, el deterioro de los metales, la formación de sólidos o sustancias gaseosas, entre otras.

En este orden de ideas, para las autoras de este documento es fundamental partir de explicaciones que los estudiantes tienen acerca de la oxidación y corrosión, estableciendo relaciones con los cambios fisicoquímicos que se produce en los metales en función del tiempo en contacto con diferentes sustancias, para después caracterizarlas y asociarlas a las explicaciones que se construyen, complejizando las transformaciones y reconociendo las nuevas sustancias.

Lo resaltado previamente, es solo una de las preocupaciones que emergen en el presente trabajo y motiva a pensar en el porqué de dichas explicaciones y de aquí surge una segunda preocupación, donde se considera que pensar el fenómeno de la oxidación y el fenómeno de la corrosión como procesos iguales dificulta la comprensión en los estudiantes y docentes, por ejemplo, el docente realiza sus explicaciones sobre los cambios visibles que ocurren en los metales como si se tratara solo de un proceso de oxidación o solo de corrosión y no se preocupa por realizar una distinción entre los dos fenómenos para ampliar la visión o perspectiva fenomenológica de la situación. Cabe resaltar que la oxidación se relaciona con la formación de una capa de colores rojizos, verdosos y negros, entre otros, sobre los metales que son producto de transformaciones,

tanto del metal como de las sustancias que están a su alrededor y la corrosión se explica con los mismos términos de la oxidación ocasionando que sean vistos como sinónimos y no se procure profundizar un poco más en las explicaciones que integran lo simbólico y lo perceptible de las transformaciones de las sustancias.

Considerando lo expuesto, se hace necesario para las autoras realizar una serie de aproximaciones de orden histórico y experimental que impliquen construir explicaciones en torno a los fenómenos de la oxidación y la corrosión, esto, haciendo uso de una unidad didáctica enfocada al papel del experimento en el aula de clases y en la construcción de explicaciones con relación a los fenómenos de interés. Por tal razón, se decidió trabajar con veinte estudiantes de décimo grado pertenecientes a una institución de carácter privado de la ciudad de Bogotá en la asignatura de Química. Se decide trabajar con dichos estudiantes, de acuerdo con las problemáticas planteadas en la justificación de este documento y en relación con lo establecido en el currículo de la institución, que se ajusta con los fenómenos a abordar.

Por lo anterior, al reflexionar sobre la enseñanza de conceptos, la construcción de fenomenologías y las relaciones científicas que se generan respecto a la corrosión y la oxidación de metales se propone que el desarrollo del presente trabajo de grado se analice desde el siguiente planteamiento:

***El análisis histórico y el desarrollo experimental aportan elementos para el planteamiento de la fenomenología sobre la oxidación y corrosión de los metales y la construcción de explicaciones en torno a la transformación de las sustancias.***

### **1.3. Justificación**

Diferentes autores se han preocupado por la enseñanza de la oxidación y corrosión de los metales, encontrando dificultades en grados de básica y media secundaria, específicamente en la enseñanza con el uso de ecuaciones para explicar la transferencia de electrones en diferentes reacciones químicas y la formación de nuevas sustancias, pues la relación que los docentes establecen entre los metales y el oxígeno es llamada oxidación, mientras que la formación de otras sustancias diferentes de óxidos no son

identificadas, lo que contribuye a que no se realicen distinciones entre las nuevas sustancias, obviando también otros factores relevantes en estos procesos, como la actividad de los metales, la naturaleza de las sustancias con las que interactúa cada metal y las nuevas combinaciones generadas que dan como producto cambios irreversibles en los mismos (Orduna & Morrás, 2013).

En este sentido, no hay extrañeza de estas dificultades por parte de las autoras, pues la experiencia ha propiciado diferentes situaciones con estudiantes, que han permitido entender que no conciben, en un primer momento, el intercambio electrónico, pues lo que se evidencia son los cambios de color, textura, dureza y tamaño de los metales, entonces resulta realmente complicado relacionar estos cambios físicos de los metales con pequeñas partículas subatómicas desplazándose de un lado a otro. Se identifica que los docentes explican la oxidación y corrosión como si se trataran de lo mismo, basándose en experiencias previas, además no se hace un énfasis de la interacción de las sustancias, sino que se reducen las explicaciones a la simbología y procesos abstractos de la química, como en el caso de la oxidación y la reducción, donde se asume que la oxidación es la ganancia de electrones y la reducción es la pérdida de estos, sin tener en cuenta los cambios observables de las diferentes sustancias que interactúan entre sí para generar unas nuevas (Gasqué, 2007).

En este orden de ideas, surgen una serie de interrogantes que se desarrollarán a lo largo del documento, que se consideran claves y fundamentales para ampliar el enfoque fenomenológico del presente trabajo de grado, en la medida en que se proponen opciones para la enseñanza de los fenómenos de oxidación y corrosión, dejando de lado el uso de ecuaciones simbólicas y representaciones de partículas subatómicas en las explicaciones por parte de las docentes, direccionándolo a experiencias sensibles donde la observación, el uso de los sentidos y la construcción de explicaciones argumentativas juegan un papel importante en el aprendizaje de estos fenómenos.

Frente a esto se destacan y desarrollan en este documento, una serie interrogantes como ¿la oxidación y la corrosión son sinónimos?, ¿Se puede distinguir la oxidación de la corrosión?, ¿Cómo explicar en el aula de clase la oxidación y la corrosión apoyados en prácticas experimentales?, ¿Qué explicaciones construyen los estudiantes sobre los

fenómenos de la oxidación y la corrosión?, ¿cuál es el papel de la historia y el experimento en la construcción de explicaciones sobre la oxidación y la corrosión de los metales para las autoras de este trabajo?, entre otros cuestionamientos que fueron derivados de la experiencia sensible realizada por parte de las autoras en años anteriores y en la construcción fenomenológica realizada en este documento que fue previa a la implementación del trabajo de aula.

### **1.3.1. Objetivo General**

Construir una base fenomenológica de la corrosión y la oxidación de los metales a partir del estudio de fuentes históricas y la realización de actividades experimentales, para el desarrollo de explicaciones, por parte de las docentes, sobre las transformaciones de las sustancias.

### **1.3.2. Objetivos Específicos**

- Establecer criterios para la construcción de la fenomenología de la oxidación y corrosión de los metales desde una revisión histórica.
- Plantear una serie de montajes experimentales basados en los criterios de análisis que se construyeron durante la revisión histórica.
- Construir, implementar y sistematizar una secuencia didáctica para la enseñanza de la corrosión y oxidación de los metales, en la que se involucren procesos experimentales para su análisis.



#### **1.4. Metodología de la propuesta del trabajo de grado**

La propuesta de trabajo de grado se plantea a partir de una problemática de interés para las docentes autoras del documento, dicha problemática fue evidenciada desde su práctica docente y diferentes reflexiones emergentes a lo largo de su trayectoria profesional. Se parte de una situación aparentemente sencilla, que es el estudio de los fenómenos de oxidación y corrosión de los metales, este estudio se va complejizando al recurrir a aproximaciones históricas y experimentales.

En el ejercicio de analizar dicho fenómeno se puntualiza en una revisión histórica juiciosa de los textos de Robert Boyle y Antonie Lavoisier como primer aspecto metodológico, donde en su momento sus estudios servirán para ir formalizando y caracterizando las transformaciones que sufren los metales por interacción con otras sustancias como medios acuosas y gases. Como segundo aspecto metodológico, se proponen una serie de montajes experimentales que se construyen teniendo en cuenta las revisiones históricas y reflexiones tanto de los referentes como de las autoras del documento, donde se incluyen variables de análisis que nutren significativamente la visión que se tiene del fenómeno.

Como tercer aspecto metodológico se enfatiza en las reflexiones realizadas por las docentes frente a los fenómenos de interés, para así elaborar un cuadernillo de actividades basado en experimentos presentados por Boyle y Lavoisier como personajes principales de la propuesta, dicho cuadernillo de actividades se implementa en el salón de clases como un ejercicio de aula que los docentes pueden usar con sus estudiantes para profundizar frente a los fenómenos de la oxidación y corrosión de los metales.

## **2. RELACIÓN ENTRE LA HISTORIA Y LA CONSTRUCCIÓN DE EXPLICACIONES CIENTÍFICAS ASOCIADAS A LOS FENÓMENOS DE OXIDACIÓN Y CORROSIÓN.**

“Conocer en profundidad el significado actual de los conceptos científicos implica conocer la historia de su pasado, es decir, saber sus orígenes y su evolución histórica” (Furió & Padilla, 2003)

Las revisiones y relaciones históricas en torno a los fenómenos de la oxidación y la corrosión que aquí se presentan, recobran para las autoras, un sentido importante en la construcción de fenómenos al poder direccionar, delimitar y entender las diferentes formas de interpretar una situación en particular. En el presente trabajo se hace un énfasis en aquellos pensadores o científicos que se interesaron por comprender los fenómenos de la oxidación y la corrosión como consecuencia de la transformación de las sustancias y así mismo, la importancia de realizar explicaciones propias del cómo se comprenden estos fenómenos y así, enlazar con situaciones experimentales donde el experimento es visto como un eje articulador entre la historia de las ciencias y la perspectiva de las autoras ante los fenómenos de estudio.

En el siguiente apartado se realiza un análisis histórico sobre los constructos que dieron significado para establecer una diferenciación entre los fenómenos de la oxidación y la corrosión con el fin de entender lo que sucede con las transformaciones de los metales.

### **2.1. Antes De La Revisión Histórica...**

Para las autoras de este documento, en el análisis histórico se pueden identificar una serie de investigaciones, construcciones, textos y experimentos que buscan explicar los fenómenos de la oxidación y la corrosión, estos recorridos históricos se han retomado para nutrir y extender la visión fenomenológica de las ciencias. El fenómeno de la oxidación suele relacionarse con la corrosión en el caso de los metales, hasta el punto de considerarlos sinónimos, lo que dificulta la comprensión de cada fenómeno como tal y pudiendo así, ocasionar que los docentes no realicen distinciones en el aula, recurriendo a explicaciones superficiales de los mismos.

La revisión de documentos, construcciones argumentativas, el uso de técnicas cuantitativas y cualitativas, montajes experimentales y evidencias en torno a los fenómenos de la oxidación y la corrosión de los metales, contribuyen al presente trabajo de investigación no solo para construir explicaciones y distinguir entre los fenómenos de la oxidación y la corrosión, sino también para ampliar la visión histórica y fenomenológica de las autoras.

A partir del análisis de las revisiones históricas, teóricas y experimentales, se extraen elementos claves como la manera en que se transforman los metales al estar en interacción con diferentes sustancias acuosas y gaseosas, como lo establecían Boyle y Lavoisier en sus experimentos, lo que contribuye a la generación de ideas y relaciones conceptuales, las cuales se desarrollan en los siguientes apartados.

### ***2.1.1. Una Revisión Histórica De Los Fenómenos De La Oxidación Y Corrosión De Los Metales***

Partiendo de la problemática de interés del presente trabajo de grado, algunos de los interrogantes que surgen en torno al fenómeno de la oxidación y de la corrosión son ¿la oxidación y la corrosión son sinónimos?, ¿Qué sucede cuando un metal está expuesto a sustancias diferentes? teniendo en cuenta esto, inicialmente se realiza una revisión histórica sobre los principios en los cuales diferentes científicos y filósofos de la historia de las ciencias realizaban estudios en torno a los metales y los cambios en sus propiedades, encontrando que desde la época de Platón los filósofos consideraban que ocurrían algunos cambios en los metales con el paso del tiempo, afirmaba Platón que la corrosión no era más que “un fenómeno de segregación de los componentes metálicos” (Díaz, 2008), lo que significaba que en ese momento se comprendía que en los metales sucedían diferentes cambios físicos como el cambio de color, olor, dureza, brillo, entre otros por diferentes factores externos o atmosféricos, hasta el punto de tener el metal segregado o separado por partes.

Lo postulado por Platón no es diferente a lo asociado y pensado de la corrosión históricamente, ya que la oxidación y la corrosión, que hasta este momento podrían verse

como sinónimos, asociaban o involucraban cambios físicos en los metales por exposición de ellos a varias sustancias de diferente naturaleza, de hecho no se había hablado de ninguna sustancia en particular que favoreciera o produjera dichos cambios que parecían irreversibles en los metales, pero esto cambió en el periodo de tiempo porque la Alquimia parecía explicar el comportamiento químico, y al mismo tiempo fantástico, de los metales, ya que en esta época se iniciaron una serie de prácticas artesanales y ornamentales en las cuales estos eran los protagonistas.

A los metales se les atribuía cierto misticismo por sus propiedades particulares como su brillo, dureza, la manera en que se funde y la escasez en la corteza terrestre, se consideraba que era posible transmutar las propiedades de un metal para convertirlo en otro, de aquí, que algunos metales se consideran metales nobles -los que no presentaban mayores cambios con el paso del tiempo- y metales no nobles -los que presentaban cambios significativos a condiciones ambientales al paso del tiempo- relacionado esto a su capacidad de reaccionar, así es que “uno de los principales objetivos... era el transformar en otras sustancias los metales “corrientes” como el plomo, el cobre o el zinc, en el muy cotizado oro, lo cual, ahora sabemos, es imposible mediante meros procedimientos químicos” como lo menciona Gutiérrez (2002,p 29).

A partir de dichos procesos los alquimistas encontraban que los metales, al someterse a diferentes procedimientos, no se transmutaban o transformaban, sino que presentaban unas capas en su exterior o superficie que los protegían del deterioro o de las mismas combinaciones, a las que denominaron *capas anticorrosivas*, situación que llevó a experimentar a la autoras del documento con metales nobles y no nobles teniendo en cuenta su posibilidad de transformarse o cambiar sus propiedades, dicha experimentación se ampliará en el siguiente capítulo.

### **2.1.2. El fin de la Alquimia... ¿Los metales se transforman o se transmutan? ¿Se puede convertir un metal como el zinc en oro?**

Robert Boyle, un científico interesado en experimentar, se encontraba adelantando estudios relacionados con pigmentos para incorporarlos en diferentes soluciones y generar tintes o pinturas, como una colaboración a su amigo Pryophilus. Boyle obtuvo un resultado inesperado, un poco alejado del objetivo inicial de su investigación, pero contribuyó significativamente a la elaboración de un libro de su autoría titulado *The experimental History of color* (1664). En este libro, Boyle encontró al experimentar con diferentes metales y combinarlos con licores salinos (ácidos en solución concentrados) que dependiendo de la sustancia que interactuara con el metal podía observar cómo se generaban diferentes coloraciones producto de dichas combinaciones.

Boyle identificó, que tanto los metales como las sustancias que reaccionaban con ellos, generaban una serie de cambios que deterioran el metal y producían cambios asociados principalmente a coloraciones. Boyle experimentó con metales como el hierro, el zinc y el cobre, entre otros.

Cabe mencionar que Boyle experimentó con siete diferentes metales conocidos hasta ese momento, estos eran: el oro, la plata, el cobre, el hierro, el estaño, el plomo y el mercurio y dos no metales, el carbono y el azufre. Al hacer dichas observaciones que lo llevaron a modificar sus primeras pruebas experimentales, varió no solo los metales sino los licores salinos, dio paso a una serie de experiencias y ensayos con metales que provocaron una ruptura en la alquimia. Aunque Boyle estaba convencido de la validez del punto de vista alquimista de que los metales no eran elementos, y que un metal podía convertirse en otro, por medio de dichos experimentos, años después encontró que los metales son elementos y no se someten a procesos de transmutación<sup>1</sup> sino a transformaciones producto de la interacción de estos con diferentes sustancias, Boyle

---

<sup>1</sup> Entendiendo que antes de los estudios de Boyle la transmutación era definida como cambios de composición de las sustancias en el cual el Zinc podía convertirse en Oro, pero con los estudios de Boyle se determinó que los metales particularmente no tienen cambios de composición debido a que son elementos considerados indivisibles y no se pueden descomponer en partes más sencillas; por lo tanto, los metales sufrirían cambios producto de interacción con otras sustancias.

concluyó que estos cambios en su mayoría son irreversibles y que producen el deterioro en los metales.

De los estudios realizados por Boyle surge una perspectiva diferente a lo que antes era considerado como oxidación y corrosión de los metales para las autoras, es por esto que se decidió experimentar con metales y medios en los que se sumergen dichos metales, pues la formación de sustancias coloreadas en los experimentos con diferentes licores de Boyle, indica la transformación de los metales, no como pensaban los alquimistas, sino que dichas sustancias elementales es decir, los metales, se pueden transformar en otros derivados de los mismos pero sin perder su esencia, como es el caso de óxidos y sales de metal.

La gran variedad de colores y las descripciones de esas coloraciones relatadas por Boyle abrieron una gran expectativa en cuanto a las sustancias a obtener derivadas de metales como cobre, hierro, estaño, aluminio, y acero, pues para efectos de este estudio se realizan experimentos iniciales con dichos metales, porque muchas de esas descripciones relataban en algunos casos cómo los metales terminaban casi intactos o por el contrario deteriorados con cambios significativos en su forma.

En este sentido, la revisión de los aportes históricos de Boyle contribuye a la definición de los fenómenos, en el sentido en que ahora para las autoras la oxidación es asociada con los cambios que no afectan drásticamente el metal que son formaciones de óxidos, mientras que los cambios que, si deterioran el metal que pueden ser formaciones de sales o hidróxidos de metales que sí se alteran drásticamente, es considerado como corrosión.

### ***2.1.3. La Química De Los Metales Desde La Perspectiva De Lavoisier***

Continuando con los estudios en torno a los gases de la atmósfera, además de retomar unos resultados experimentales donde Boyle afirma que cuando se somete un metal como el estaño a una calcinación este gana o aumenta su peso, producto de una adición en masa del calórico, Antoine Lavoisier replica el montaje experimental realizado

por Priestley<sup>2</sup> en una retorta de vidrio y con mercurio. El montaje experimental es el siguiente:

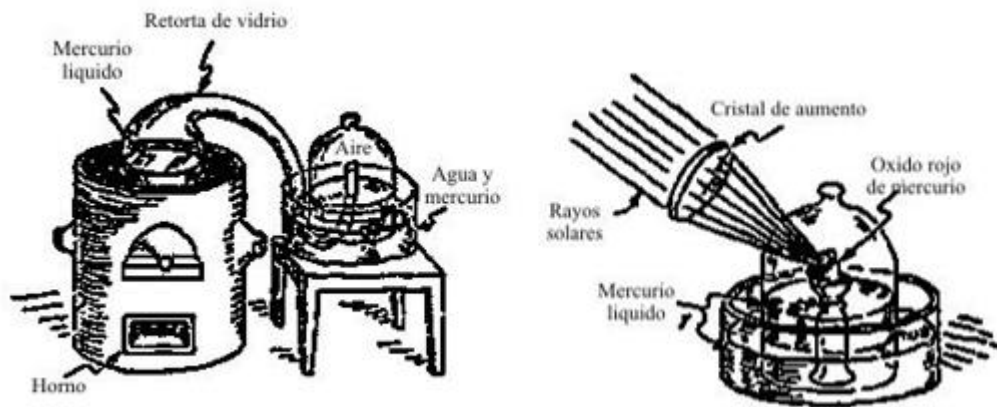


Imagen 1. Calcinación del mercurio y el estaño realizado por Lavoisier.

Por medio del montaje experimental mostrado anteriormente, Lavoisier comprueba que efectivamente al calcinar mercurio se obtenía una sustancia rojiza que cubría superficialmente el metal, a lo que denominó *Óxido de mercurio*, relacionándolo directamente por una combinación entre el metal y el oxígeno (ya manejado en ese término en ese momento, producto de sus hallazgos experimentales), lo que contribuyó a que el pudiera escribir sus descubrimientos en una de sus memorias más reconocidas titulada *Memoria sobre la calcinación del metal del estaño en vaso cerrado y sobre la causa del aumento de peso que este metal experimenta durante la operación* perteneciente a su libro *Traité élémentaire de Chimie*.

Lavoisier (1774) explica que los metales en combinación con el oxígeno presente en el aire sufren ciertas transformaciones que generan unas nuevas sustancias a las que él denominó *Óxidos*, donde no solo se producen unos cambios en los metales con respecto a su apariencia inicial, sino también a un aumento de su peso, explicándolo de la siguiente manera:

---

<sup>2</sup> Joseph Priestley (1733 – 1804) realizó un experimento que buscaba diferenciar el tipo de aires obtenidos producto de la combustión del mercurio en caliente, fenómeno que se conocía como calcinación. Identificó que siempre que realizaba dicho experimento obtenía una sustancia rojiza que cubría al mercurio y que, además esa calcinación emanaba un gas de olor fuerte.

“Si el aumento de peso en los metales calcinados en vasos cerrados como pensaba Boyle, a la adición de la materia de la llama y del fuego que penetra a través de los poros del vidrio y se combinan con el metal; entonces, si después de haber introducido una cantidad conocida del metal en un vaso de vidrio cerrado herméticamente, se determina exactamente el peso, y luego se procede a la calcinación por el fuego de carbón como lo hizo Boyle; si finalmente se vuelve a pesar el vaso después de la calcinación y antes de abrirlo, debe encontrarse aumentado el peso en toda la cantidad de materia de fuego que se ha introducido durante la calcinación”. (p. 57)

Lavoisier no solo fue el primero en introducir términos como “óxidos” o de explicar el aumento de peso en los metales en procesos de calcinación por interacción del metal con el oxígeno presente en el aire, sino que, desarrolla una serie de reglas con las que organizó sustancias a partir del comportamiento que tenían principalmente con licores salinos, permitiéndole ampliar el conocimiento por los metales presentes en la naturaleza de donde hasta ese momento solo se tenía el conocimiento de siete metales a el descubrimiento de diecisiete metales que denominó como *cuerpos metálicos simples oxidables y acidificables*, también encontrados en su conocido tratado.

Es por esto que se toman dos metales para realizar la serie de montajes experimentales propuestos en este trabajo de grado, tomando como punto de partida los experimentos de Lavoisier, como se explicó en apartados anteriores se decide trabajar con Cobre y con Hierro por su naturaleza de metal “noble y no noble”, pero también se hace una selección de las sustancias acuosas que interactuarán con los mismos en torno a observar el comportamiento de los metales en contacto con estas sustancias que en el documento serán llamados medios.

Los medios se seleccionaron partiendo de la idea de licor salino de Boyle, quien las describía como sustancias ácidas concentradas. Se retoman dos fragmentos claves en la explicación del comportamiento de los metales Cobre y Hierro en interacción con diferentes sustancias.

“Del color del hierro ya hemos hablado algo y vale la pena señalar, que aunque si el metal se disuelve en una solución de aceite de vitriolo, se produce una sal que cambia el color de la solución a vitriolo verde, al que los químicos no indebidamente llaman Vitriolo de martis (Sulfato ferroso); sin embargo he venido a propósito cambiando la solución, y



vertiendo sobre las limaduras de acero, en lugar de aceite de vitriolo, aqua fortis, (lo cual, como recuerdo, he usado cuatro partes de ácido a una de metal) no obtuve un verde, pero si una solución de color azafrán; o más bien una solución densa de un color rojo intenso, o rojo amarillento”. (Boyle, 1664, p.77)

En el apartado anterior se explican algunos de los resultados obtenidos por Boyle al poner en contacto trozos de hierro con algunos licores salinos, como estos resultados se encuentran dentro de libro de la experimentación de los colores, se hace un énfasis en los diferentes colores que se pueden observar de dichas interacciones con diferentes sustancias, resaltando en el caso del hierro los colores rojizos. Para el cobre también realiza una serie de aproximaciones en torno a las coloraciones obtenidas producto de la combinación del metal con licores salinos.

“Y en efecto el cobre es un metal que reacciona con los licores de muchas formas, que debo decírtela, no conozco ningún mineral, que coincidirá con la variedad de colores como el cobre disuelto en varias soluciones, como espíritu de vinagre, aqua fortis, aqua regia, espíritu de nitro, de urea, hollín, varias formas de aceites, y no sé qué otros licores, si la variedad de los diferentes colores (que el cobre puede asumir, como el logrado por varios licores) no fueron comprendidos entre los límites del azul verdoso o verde azulado.” (Boyle, 1664, p77)

Boyle dentro de su libro relaciona los metales con colores en específico, en el caso del Cobre se obtienen sustancias con colores que van entre el azul verdoso, resultados que no son diferentes a los obtenidos experimentalmente en este trabajo, que más adelante se retomarán.

En este punto, aún no se había hablado de las condiciones necesarias para la oxidación y la corrosión en metales, hasta aquí se ha abordado un poco esas generalidades que indican que los metales han sufrido diferentes cambios producto de una serie de interacciones o combinaciones, resaltando los colores. Pero, se hace necesario relacionar que, durante este proceso de interacciones entre el metal y medio, hay un tercer factor que afectaría directamente a los experimentos, este factor es el ambiente.

Cuando se habla de ambiente se relacionan las sustancias gaseosas del entorno de los montajes experimentales, que al no poderse aislar influyen en cada uno de los procesos experimentales, lo que hace que se dificulte la caracterización de las sustancias obtenidas de la oxidación y corrosión de los metales, debido a que el aire de por sí es considerado una mezcla de gases que reaccionan también. En este trabajo se retoma al oxígeno como sustancia gaseosa que como lo menciona Lavoisier en sus estudios en torno al aumento de peso de los metales por calcinación, es la sustancia que al interaccionar con el metal y por un aumento de la temperatura, generaría capas rojizas alrededor del hierro y un aumento de peso en el trozo de metal. Sin embargo, para efectos experimentales se hace una variación y es que como los metales son sumergidos en diferentes sustancias, se privilegia el oxígeno gaseoso como parte del aire atmosférico, pero también *disuelto*<sup>3</sup> en el agua o en los medios usados en los montajes.

Entendiendo que el oxígeno gaseoso en combinación con sustancias metálicas y en contacto con la humedad, favorecerían la formación o transformación de estas sustancias haciendo visibles unas nuevas.

Así mismo, dentro del ambiente, se contemplan las condiciones atmosféricas que no se pueden modificar o alterar, como lo es la temperatura, la presión, la altura y la humedad de los lugares donde se pretende realizar cada montaje experimental. En el siguiente apartado, se abordarán aquellos factores que se consideran necesarios de retomar para comprender dichos fenómenos y realizar una distinción entre los mismos.

#### **2.1.4 ¿Los ambientes húmedos favorecen las reacciones de oxidación y corrosión en los metales?**

En varios de los textos científicos que se han mencionado en este trabajo se resalta la influencia de las condiciones ambientales para generar transformaciones en los metales. Lavoisier en su tratado de la química elemental indica que a las sustancias oxidadas generalmente se le atribuyen sus cambios principalmente a la combinación

---

<sup>3</sup> La cantidad de gas disuelto en un líquido es directamente proporcional a su presión parcial sobre la superficie del líquido; por lo tanto, la presión atmosférica y la temperatura son factores importantes en la solubilidad del oxígeno en el agua o medios usados (Sawyer & McCarty, 1978 ).

entre la humedad del ambiente y los gases atmosféricos como el oxígeno y el dióxido de carbono. Además, que dichas combinaciones entre la humedad y las sustancias gaseosas del ambiente pueden generar sustancias de naturaleza opuesta a la de los álcalis es decir de carácter ácido (Lavoisier, 1798).

La oxidación y corrosión son fenómenos relacionados con los cambios y deterioro de los objetos metálicos principalmente, por tal razón las industrias se han encargado de barnizar o cubrir con una capa delgada de pinturas anticorrosivas a los mismos para evitar cambios en los metales a lo largo del tiempo, además, de generar aleaciones o combinaciones entre diferentes materiales metálicos con no metales o sustancias que no se oxidan con facilidad, teniendo en cuenta algunos factores como lo relaciona Heredia (2011) al mencionar que, “en caso de no limitar los metales a la humedad, a gases disueltos en combinación con la humedad y no poner capas protectoras anticorrosivas los metales se vuelven frágiles, se agrietan o incluso acaban disolviéndose”. (p. 466)

Por tal razón algunos autores al identificar el efecto y consecuencia del contacto entre metales y sustancias ácidas (combinación de gases con agua en estado gaseoso) procuran aislar dichas sustancias para reducir los cambios en los metales, como lo fue en el caso del trabajo de grado de maestría de Sánchez & Torres (2016) en donde realizaban actividades basadas en experimentos en los cuales se ponían en contacto diferentes metales con distintas sustancias ácidas, pudiendo evidenciar que no tienen el mismo comportamiento dichas sustancias al interactuar entre sí y surge el interés de comprobar si sustancias como la vaselina o el aceite de cocina sirven como aislantes a las reacciones de oxidación, encontrando que efectivamente se reducen los cambios encontrados en los metales con el paso del tiempo, además que se identifica que en lugares donde la humedad del ambiente es alta debido a la cantidad de agua gaseosa en interacción con gases distintos, se observaban mayores cambios en los metales.

Teniendo en cuenta las revisiones históricas mostradas en el apartado anterior y las consideraciones sobre la transformación de las sustancias particularmente de los metales, estas transformaciones se caracterizan por una constante interacción entre los metales y los medios, la humedad del ambiente, el aire y las condiciones climáticas donde se realice el estudio. Del producto de estas interacciones no solo resulta la de formación

de óxidos, sino la formación de otras sustancias, que usualmente no son tenidas en cuenta, como los hidróxidos y sales.

A partir del trabajo previo y a la relación entre los metales, los medios y el ambiente, se deciden hacer variaciones en los experimentos del trabajo de grado, en una primera parte se hace la inmersión de trozos de cobre y hierro en vinagre, desinfectante blanqueador y agua, esto con el fin de poder establecer el efecto y los resultados de las interacciones entre los metales de interés con los diferentes medios, un punto a resaltar es que en un primer montaje experimental como se mostrará más adelante, el montaje se encuentra expuesto al ambiente, es decir, se mantiene una interacción constante entre los metales, medios y ambiente; pero, se realiza un segundo montaje experimental en el que se pone un limitante o barrera semipermeable de papel vinipel y aceite de cocina para limitar la interacción con los metales en inmersión en las soluciones y el ambiente donde se puede en cierto sentido aislar parcialmente el contacto del medio con el oxígeno atmosférico y disminuir la cantidad de oxígeno disuelto en los procesos experimentales.

En este orden de ideas se realizan una serie de diseños y montajes experimentales con los cuales se busca diferenciar el fenómeno de la oxidación y la corrosión, para construir explicaciones no solo desde el uso de relaciones simbólicas o la descripción de intercambios electrónicos, sino también teniendo en cuenta la transformación de las sustancias que pueden ser visibles en función del tiempo. Lo que más adelante es fundamental para construir una secuencia de actividades derivadas de la actividad pedagógica del docente y su intervención en el aula de clase de ciencias.

### **3. CONSTRUCCIÓN DE EXPLICACIONES DERIVADAS DE LA EXPERIMENTACIÓN CON METALES.**

En el presente capítulo se exponen inicialmente algunos aspectos de gran importancia en la enseñanza y aprendizaje de los fenómenos de oxidación y corrosión específicamente en el papel que juega la experimentación en la construcción de explicaciones en torno a dichos fenómenos. En segundo lugar, se realiza una descripción y análisis de seis diferentes experiencias que se plantearon inicialmente para que las autoras pudieran realizar explicaciones sobre el comportamiento, las transformaciones y las nuevas sustancias generadas, al sumergir metales en otras sustancias de carácter ácido o salino en solución.

#### **3.1. El Papel Del Experimento En La Enseñanza De La Oxidación Y Corrosión**

El experimento se ha visto en la enseñanza de las ciencias como una herramienta para dinamizar y relacionar la teoría con las situaciones visibles, considerando incluso que la teoría o explicaciones verbales en el aula podrían separarse de la práctica como si se trataran de aspectos aislados de las ciencias, como lo explica en sus textos Santameses (2002) en el que menciona que algunas situaciones experimentales se toman como si fueran recetas de cocina en las que se siguen unos pasos estáticos con un orden secuencial y no se relaciona con el contexto donde se realiza la experiencia o con lo visto teóricamente en el aula.

Por lo anterior, se hace énfasis en resaltar el papel del experimento por su efecto integrador en el aula de clases, ya que por medio de este, no solo se pueden establecer medidas y variables, relacionar constructos teóricos con lo observado experimentalmente, sino por la posibilidad de realizar organizaciones entre los resultados obtenidos, el poder reflexionar en torno a las variables, consideraciones y opiniones de los miembros del grupo, fortaleciendo no solo habilidades científicas, sino también de análisis y comunicación.

Se retoman los tres roles que proponen Sandoval, Ayala, Malagón y Tarazona en su artículo para resaltar el papel que tienen los experimentos en la enseñanza de las ciencias; en un primer momento se resalta la importancia de la organización de las experiencias sensibles en el aula y la construcción de medidas y magnitudes; seguido a esto la posibilidad de plantear y discutir problemas de tipo conceptual por medio de experiencias vivenciales y por último el poder ampliar la base fenomenológica del fenómeno de estudio en torno a la teoría y las variables que intervienen en cada situación experimental (Sandoval, Ayala , Malagón, & Tarazona, 2006, pág. 3).

Teniendo en cuenta lo mencionado previamente, para efectos del presente trabajo de grado, se parte de una serie de revisiones teóricas e históricas para construir una base fenomenológica de la oxidación y la corrosión y a partir de esto se realizan una serie de experimentos con materiales fáciles de conseguir, que acercan a las autoras a los fenómenos de interés para así relacionar y ampliar las construcciones realizadas hasta el momento. En este proceso se dieron espacios de análisis, argumentación y discusión de cada uno de los montajes experimentales, lo que permitió que se contrastara todo lo realizado hasta este punto del trabajo de grado, para así mismo elegir y construir una serie de actividades con las que se establecen tres experimentos para llevar e implementar al aula de clase de manera remota y presencial.

### **3.2. ¿Oxidación o Corrosión?: Experimentando con diferentes metales**

A través de la experiencia y de acuerdo con la construcción histórica realizada anteriormente, se ha identificado que la oxidación en los metales es muy común, de hecho se escucha constantemente que cuando una superficie metálica cambia de color es porque se está oxidando o incluso cuando se observan agujeros se dice que el metal esta degradado y que se ha corroído el material, pero ¿la corrosión es diferente de la oxidación? ¿el metal se puede corroer y oxidar?, pues bien, teniendo en cuenta estas preguntas y otras tantas, se plantean una serie de experimentos con los que se pretende diferenciar y caracterizar los procesos de oxidación y corrosión.

Como es mencionado anteriormente, el objetivo de estos experimentos es construir una explicación de los fenómenos de oxidación y corrosión, por lo tanto, se han dispuesto distintos metales y sustancias de diferente naturaleza en donde se sumergen los metales. La organización de los experimentos surge al analizar las diferentes experiencias con el cobre, hierro o acero y estaño que estudiaba Boyle cuando escribió su libro titulado "*The experimental History of color*" y también de la experiencia de observación, distinción y examen, por parte de las autoras, de diferentes metales o estructuras metálicas presentes en distintos lugares expuestas a variedad de sustancias.

En los estudios de Boyle se describían las formaciones de nuevas sustancias a partir de los distintos metales en combinación con sustancias en disolución y por tanto esto sirvió para que surgieran las primeras ideas para los experimentos a desarrollar tanto por las autoras de este documento como por los estudiantes con los que se trabaja más adelante. A continuación, se describen algunos acercamientos a los que llegó Boyle con el cobre y hierro al exponerse a diferentes sustancias.

Boyle tomó el hierro y acero como sustancias similares pues al pretender que reaccionaran con sustancias de diferente naturaleza terminaba hallando coloraciones entre rojizas y verdes, mismos colores que había identificado al realizar la quema o calcinación del metal de hierro (experimentos mencionados en los estudios de Boyle en el capítulo anterior).

En el caso del cobre, Boyle (1664) descubrió que;

Debo advertir que, de todos los metales, no hay ninguno que revele tan fácil y constantemente su color no evidente, como lo hace el cobre. Porque no solo en los menstruos ácidos, como agua fortis y espíritu de vinagre, da una solución verde azulada, sino que, si está casi corroída de alguna manera, aparece de uno de esos dos colores, como se puede observar en el verdín. Y tan constante es la disposición del cobre, a pesar de los disfraces que le ponen los artistas, para revelar el color que venimos comentando que al forzarlo con sal armoniac hemos obtenido un sublimado de color azulado. Y, de hecho, el cobre es un metal sobre el que se trabaja tan fácilmente con licores de diversas clases (p. 81)

Para los dos metales y su relación con la oxidación <sup>4</sup> Boyle (1664) indicaba

Es bien sabido que los alquimistas dicen que el cobre es calcinado per se, por un fuego largo o violento, que suele dar (hasta donde he tenido ocasión de advertirlo) un polvo muy oscuro o negruzco; que el hierro también puede, por la acción de las llamas reverberadas, convertirse en un color casi parecido al del azafrán (p. 81)

En cuanto a los análisis de distintos metales, realizado a través de la observación de las autoras, se encontraba que en superficies de materiales como hierro, acero, cobre, aluminio y estaño expuestas al aire, después de un tiempo (años) sus cambios de color o características eran significativas, es decir que los cambios a través del tiempo eran notables, aunque dichos cambios eran mucho más notables y se producían más coloraciones o nuevas formaciones cuando aquellos metales estaban cerca de lugares en donde existiera interacción con sustancias acuosas y gaseosas.

Por lo anterior se decidió experimentar con distintos metales y sumergirlos en sustancias diferentes, ya que la experiencia y la observación han demostrado que los cambios en los metales se producen con mayor frecuencia en lugares donde están en contacto con líquidos como por ejemplo las superficies metálicas cerca al mar o incluso en casa cuando la estufa, las rejas, las puertas y las diferentes estructuras metálicas que han sufrido una abolladura, golpe o rayón en la pintura, estas cambian de color normalmente rojizo, naranja, negro o verde y este finalmente se extiende por toda la superficie con el paso del tiempo.

Cabe destacar que es conocido que las superficies metálicas tienen un recubrimiento, ya sea de otro metal, una sal, una pintura o cualquier otra sustancia, que protege los metales de una posible oxidación o corrosión, es por esto por lo que los experimentos se realizan con metales lijados, pues a pesar de no ser un método tan efectivo para remoción de sustancias, es el que se ha encontrado más sencillo y rápido para efectos de dichos experimentos.

---

<sup>4</sup> Oxidación de los metales asociada a la calcinación por Lavoisier





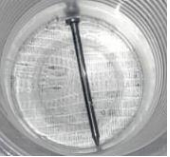




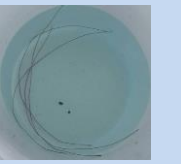



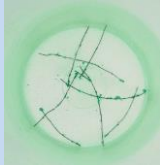



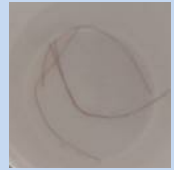




A continuación, se realizan, describen y analizan los experimentos de oxidación y corrosión de algunos metales, esto con el objetivo de construir las concepciones, en las autoras, sobre estos fenómenos, teniendo en cuenta que estas experiencias son de gran importancia para distinguir y caracterizar las reacciones, las nuevas sustancias y procesos que se dan entre metales y otras sustancias, además se priorizan los experimentos como base fundamental para la construcción de explicaciones en torno a la fenomenología.







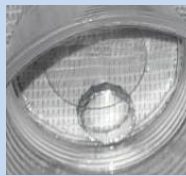



### ***3.2.1. Primera Actividad Experimental: Comportamiento De Algunos Metales En El Proceso De Oxidación O Corrosión***

Para la primera experiencia, se toman objetos de diferentes metales como puntillas de hierro, fibras de cable de cobre, anillos y puntillas de aluminio y fibras de estaño, estos se sumergen en cuatro distintas sustancias contenidas en vasos de plástico. Dichas sustancias son vinagre de concentración 4%, hipoclorito de sodio de concentración 5,5%, alcohol de concentración 70% y agua, obteniendo, después de dos semanas, los siguientes resultados:

Tabla 1. Resultados Experimentales con diferentes metales.

Metal	Solución	Cambios Observables	Registro fotográfico	
Hierro (Puntillas)	Vinagre 4%	Se removió la capa que cubría la puntilla, y por lo tanto toma brillo metálico inicialmente, luego se forma una capa negra sobre la superficie la puntilla y la solución se torna naranja después de dos semanas, la capa negra permaneció. Esta capa al paso del tiempo no afecta el metal, al parecer puede ser retirada fácilmente y el metal sigue como estaba inicialmente.		
	Hipoclorito 5,5%	Se degrada el metal desde los extremos de la puntilla, se forman dos sustancias, inicialmente una de coloración café y otra morada, la sustancia de color café oscuro empieza a separarse de la puntilla se cae por pedazos a la solución, la puntilla por otro lado queda con cráteres o agujeros ligeramente profundos y desiguales en toda la superficie. La sustancia de color café se precipita, es probable que no sea soluble en agua, mientras que la sustancia de color morado nunca se presenta en forma de cristales, sino que colorea la solución de hipoclorito por lo tanto esta si es soluble en agua.		
	Agua	Se forma una capa de una sustancia naranja claro, que no afecta demasiado al metal, pues al retirar dicha capa se evidencia que, aunque el metal ha perdido brillo, no tiene agujeros, de hecho, con un lijada en el metal, este vuelve a ser el mismo. En el alcohol se evidencian cambios muy parecidos a los obtenidos en el agua, en cuanto a coloración, al parecer la sustancia que se forma en la superficie de la puntilla es la misma sustancia, pero con la diferencia que se produce en menor cantidad		
	Alcohol	Hay burbujas alrededor, la puntilla toma el color oscuro negro, por completo se desprende una sustancia después de un tiempo de color naranja oscuro también tiene olor metálico y tiene manchas naranjas sobre la superficie de la puntilla.		
Cobre (Fibras)	Vinagre 4%	Desde que el cobre es depositado, este se torna de color rosado claro, que comparando con la teoría se podría decir que se forma una capa protectora en la superficie de cobre, pero el vinagre se torna de color azul claro, es decir que se forma una sustancia soluble, derivada probablemente de la capa superficial del cobre, pues al lijar este metal se		

		obtiene que no tiene alteración como grietas o agujeros, el metal no es degradado por el vinagre.		
	Hipoclorito 5,5%	Para el hipoclorito se evidencia la formación de dos sustancias, inicialmente un polvo de color negro insoluble debido a que se precipita, pero después del tiempo se forma una sustancia verde blanquizca que se disuelve en el medio y lo vuelve turbio, por lo tanto, en este caso las dos sustancias permanecen en el medio, al limpiar el metal se obtiene que este se ha debilitado, tiene pequeños agujeros y al lijar en esas zonas agujeradas este se rompe o fracciona en varios pedazos.		
	Agua	No hay cambios notables en esta observación.		
	Alcohol	No hay cambios notables en esta observación		
Estaño (Fibras)	Vinagre 4%	Hay pérdida de brillo del metal, se da un oscurecimiento del metal, este pierde su color plateado y se forma una sustancia blanca alrededor del metal.		
	Hipoclorito 5,5%	Se evidencia pérdida de brillo del metal, este se oscurece con manchas de color negro en toda la superficie y se forma una sustancia polvorosa de color negra que es insoluble en hipoclorito.		
Estaño (Fibras)	Agua	No hay cambios notables en esta observación.		

	Alcohol	No hay cambios notables en esta observación.		
Aluminio (Puntillas)	Vinagre 4%	Se removi6 la capa blancuzca del exterior del metal, por lo tanto, esta toma brillo met6lico plateado claro y hay presencia de burbujas alrededor		
	Hipoclorito 5,5%	Se forma una capa de color caf6 encima del metal, el hipoclorito se volvi6 turbio al parecer por una sustancia de color blanco soluble, el metal tiene manchas en la superficie color caf6.		
	Agua	Se forma una capa superficial rojiza s6 que se desprende al rasparla, la soluci6n no cambia de color.		
	Alcohol	Hay burbujas alrededor del metal, esta toma color oscuro color negro por completo		

Im6genes de la tabla 1. Elaboraci6n propia

Cabe resaltar que todas estas transformaciones no son nuevas en el aspecto analítico, pues como se ha mencionado en apartados anteriores, a lo largo de la historia hubo científicos interesados en estas combinaciones. Estos resultados obtenidos hasta el momento son muy prematuros para hacer aseveraciones de los compuestos que se han formado, es por ello por lo que se realizaron experimentos cada vez más precisos para la determinación y caracterización de las sustancias nuevas. Las conclusiones generales de estos primeros experimentos se relacionan a continuación:

3. En todos los casos, los metales reaccionan en las soluciones de hipoclorito de sodio, considerando que este es una sal disuelta en agua y por lo tanto su contenido mayoritario es el agua.
4. En el agua sin ninguna otra sustancia, los metales, a excepción de hierro, son poco reactivos, es probable que se necesiten solutos dentro de las soluciones para que se produzcan nuevas sustancias.
5. El vinagre parece ser una solución que no afecta demasiado a los metales, pues en todos los casos se forma una capa protectora en el metal produciendo coloraciones oscuras en el hierro y claras en el cobre, sin embargo, causa interés que, en el caso del cobre, esta solución se torna azul.
6. En el caso de alcohol, se encontraron resultados muy similares a los del agua en casi todos los casos, por lo tanto, se deduce que este, a pesar de su composición, no produciría cambios significativos en los metales, a excepción del hierro.

Las aportaciones de esta primera actividad experimental son base para la construcción de los experimentos futuros, sin embargo, se tienen en cuenta de ahora en adelante los metales con cambios más significativos, es decir el hierro y el cobre, debido a que las coloraciones y características de las nuevas sustancias formadas son las más llamativas, en el hierro por ejemplo, las coloraciones comunes en las estructuras de hierro que se observan en el hogar son naranjas, pero en esta experiencias se forman sustancias terrosas de coloraciones cafés y vinotinto adicional a las de color naranja, en el cobre, la sustancia negra que se observa se asocia con suciedad (cuando se tienen objetos de cobre en casa), pero al parecer es una sustancia derivada del cobre y la otra

de color verde azul claro que es totalmente diferente al color inicial del cobre, lo cual puede indicar varias sustancias derivadas del cobre . Lo más interesante resulta ser que de un trozo muy pequeño de metal que se desprende, se rompe o se fisura, se forman sustancias abundantes y con características totalmente diferentes en cuanto a color, olor, textura y forma en comparación con el metal inicial.

Las disoluciones en las que se sumergen los metales que tienen concentraciones específicas, son ideales para observar las transformaciones de los metales debido a sus coloraciones más notablemente en el hierro y cobre, por lo tanto, a pesar de que hasta ahora los análisis estaban centrados en los metales, se tendrán en cuenta también las características de las disoluciones y sus cambios.

Las transformaciones en otros metales como aluminio y estaño son escasas y de color negro o blanco, lo cual dificulta en cierta medida la identificación de nuevas sustancias, además es probable que las disoluciones en las que están sumergidos sean poco reactivas con estos metales.

### **3.2.2. Segunda actividad experimental: Oxidación y corrosión en el hierro y cobre**





Para los siguientes experimentos se toman solo dos de los seis metales analizados y tres sustancias como medios, pues a pesar de que todos los resultados obtenidos fueron significativos, no todos los metales tienen la facilidad de encontrarse con un alto porcentaje de pureza, se encuentran en realidad en aleación<sup>5</sup>, es por eso que para la nueva experiencia se toman los metales de cobre (fibras) y hierro (puntillas) y las sustancias, vinagre o ácido acético en solución con una concentración 4v/v%, desinfectante con hipoclorito de sodio en solución en una concentración al 5,5v/v% y agua de botella, para esto se tienen en cuenta todos los pesos de las sustancias involucradas, se tiene especial cuidado en no sumergir por completo los metales para identificar que sucede con una parte de estos, al estar expuestos a los gases del aire y de aquellos que se liberan de las reacciones en la solución en donde sumergido se

---


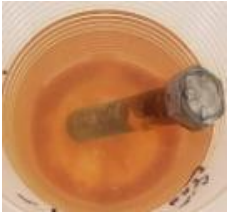




<sup>5</sup> La mayoría de los metales que se consiguen están mezclados con otros metales en aleaciones, por lo tanto, encontrar un metal de composición 100% es muy difícil, es por ello por lo que se decide trabajar con hierro y cobre que, aunque no están al 100% si muy cercano a este porcentaje.



encuentra el metal, el medio y gases del aire disueltos, lo anterior tomando como referencia los experimentos que Boyle y Lavoisier realizaron con sustancias líquidas y con los gases del aire, dichos experimentos son mencionados en la relación histórica que se presentó previamente. Igualmente se hacen observaciones a diario durante dos semanas y a partir de ello se obtienen los siguientes resultados:

Tabla 2. Resultados experimentales de los montajes con hierro y cobre.

Metal	Solución	Cambios Observables	Peso		Registro fotográfico	
			Antes	Después	Antes	Después
Hierro	Vinagre 4%	El trozo de tornillo que se encontraba expuesto al aire se rodeó de una sustancia dura, fuertemente adherida y de color negro. En cuanto al tornillo en el interior del vinagre no presentó alguna capa en su superficie, pero si hubo una pérdida de brillo metálico, presencia de burbujas de manera constante e inmediata. Con el tiempo el medio se tornó de color amarillo pálido, el olor no se mantiene, cambia pasando del olor característico a vinagre a un olor más metálico. Se cubrió la parte superior del tornillo con la capa negra.	Solución: 100 g Metal: 53 g pH: 6	Sln: 85 g Metal: 47 g Precipitado: 1 g pH: 7		
	Hipoclorito 5,5%	Desde el primer día se desprende una sustancia sólida rojiza de extremos a medios. Los primeros días la sustancia que se desprende del tornillo se precipita, pero también una parte se encuentra sobrenadando en la superficie del medio, con el tiempo todo se precipita hasta formar una sustancia con apariencia de lodo en el fondo del recipiente de color café. Se separa el medio del metal y se observa que estos tienen colores diferentes y que aún se mantiene una parte del sólido adherido al tornillo.	Solución: 100 g Metal: 43 g pH: 9	Sln: 83 g Metal: 47 g Precipitado: 7 g pH: 11		



	Agua	Al poco tiempo se sumergir la mitad del tornillo en agua se evidencia un burbujeo por las paredes del tornillo, la parte expuesta al aire con el tiempo forma una capa de color amarillo-rojizo, marcado más en unas zonas que en otras, esto se relaciona con la manera en que se lijo el mismo y en la parte sumergida del tornillo se evidencia un oscurecimiento, un aumento al olor metálico y el medio de torna de color amarillo-rojizo.	Solución:100g Metal: 26 g pH: 8	SIn: 82 g Metal:30 g Precipitado: 11 g pH: 7		
Cobre	Vinagre 4%	La fibrilla de cobre se tornó rosada, inmediatamente se sumerge en el vinagre, la solución de vinagre tomo coloración azul clara. Después de sacar y exponer al aire, el color rosado del cobre parece más blancuzco y se forman manchas de color verde muy ligeras poco notables. Después de que se han formado nuevas sustancias, el metal se deja secar y se lija, esto produce el desprendimiento de la sustancia de blanco azul que se había formado en experimentos anteriores y se evidencia que detrás de esa formación, el metal sigue con su brillo característico.	Solución: 100 g Metal:7 g pH: 10	SIn: 90 g Metal: 8 g Precipitado: 1 g pH: 11		
	Hipoclorito 5,5%	Se observa una formación de cristales verdes azulados en la superficie de todo el metal, esto luego de unas horas. El metal conserva brillo en ciertas partes, se tornan negras algunas partes de la superficie, al exponer los cristales al aire se tornan más blancos. Luego del lijado se da un desprendimiento de la sustancia de color verde azulado que se había formado y se evidencia que detrás de	Solución: 100 g Metal:8 g pH: 7	SIn:90 g Metal: 9 g Precipitado: 1 g pH: 8		

		esa formación el metal sigue con su brillo.				
	Agua	El metal pierde coloración debido a que se oscurece, estos cambios de oscurecimiento son más notables cuando se saca del agua y se expone al aire (es decir cuando el metal este húmedo), se evidencia que esta formación es de coloración negro y cuando se lija se desprende y el metal se ve naranja oscuro como su color característico cobrizo.	Solución: 100 g Metal: 7 g pH: 7	Sln: 86 g Metal: 8 g pH: 8		

Imágenes de la tabla 2. Elaboración propia

Entre los cambios más significativos, se encuentra que el cobre forma sustancias con coloraciones negras en el agua e hipoclorito de sodio, azules en el vinagre y verde-azul en el hipoclorito de sodio nuevamente. El hierro por otro lado, forma sustancias con coloraciones café en contacto con el hipoclorito de sodio y en la exposición de los gases formados entre el metal y el vinagre, naranjas en contacto con el agua, moradas y vinotinto en el hipoclorito de sodio. Se tiene en cuenta que no solo reacciona el metal con las disoluciones, sino que el aire y su composición también interacciona con los medios y por tanto el aire es uno de los componentes principales para producir nuevas sustancias. Se concluye entonces que:

- La sustancia de color naranja obtenida en la superficie del hierro sumergido en agua puede derivarse de la combinación de hierro y oxígeno presente en el aire y agua, de hecho, la puntilla puede formar esta sustancia al contacto solamente con aire húmedo sin necesidad de sumergirse en el líquido.
- En el hipoclorito con hierro, las sustancias que se forman pueden ser complejos inestables y eso explicaría el hecho de que primero se observa una coloración morada-vinotinto y luego la sustancia se torna transparente, ahora bien, desde el principio se forma una sustancia de color café oscuro que se precipita y este si se mantiene, por lo tanto, es probable que sea un hidróxido o sal de hierro insoluble.
- Aunque las formaciones que se producen en el vinagre no se evidencian dentro del hierro expuesto, sino del hierro fuera de dicha sustancia, estas se caen dentro del vinagre y forman coloración café oscuras, pero estas en comparación con las anteriores son solubles y hacen que el vinagre tome coloración café.
- La sustancia verde-azul que es observada en el cobre sumergido en hipoclorito es producto de la interacción de los iones de cloro y cobre que se encuentra en la capa superficial de la fibra de cobre
- El vinagre sigue produciendo el blanqueamiento del cobre, este se ve rosa pálido y la sustancia de color azul soluble en el vinagre, es resultante de la interacción de los iones de acetato del vinagre con la capa superficial de cobre.
- La sustancia de color negro que se forma en el cobre, cuando es sumergido en

agua, es producto de los iones presentes en el agua en los que puede estar involucrado, el oxígeno, hidrogeno, cloruros, sulfatos y otras sustancias contenidas en el agua consumible (potable contenida en botellas de plástico).

Del segundo montaje experimental se identificó una variación en todos los medios que contenían los trozos de metales, debido a que el sistema como tal aumentaron su peso, esto se determinó al realizar una medida cuantitativa antes de sumergir y después de sumergir los trozos de metal, lo que se podría relacionar con los estudios que realizaba Lavoisier en los procesos de calcinación del mercurio y el estaño, en el cual argumentaba que entre los metales y otras sustancias como el oxígeno, se producían ciertas combinaciones que podían hacer que aumentara el peso en los metales y disminuyera el volumen de los medios; como resultado de una serie de transformaciones de los metales y las sustancias que los rodean, además que se tienen en cuenta aquellas sustancias gaseosas que no son aisladas de los montajes y también entrarían a reaccionar y formar otras nuevas sustancias.





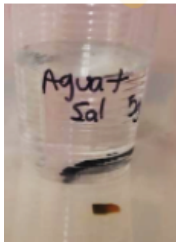

Por lo anterior se retoma de este montaje experimental que tanto los metales, como medios y el aire interactúan entre sí, dando como producto una serie de sustancias nuevas que son evidentes en el momento de observar cambios físicos, realizar medidas de pesos de los sistemas y medir la disminución del volumen de la solución o medio.


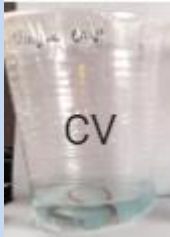
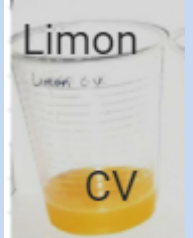

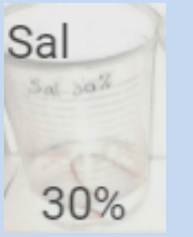

### ***3.2.3. Tercera actividad experimental: Hierro y cobre en sustancias ácidas y sal***

En esta nueva serie de experimentos se decidió trabajar nuevamente con fibras de cobre y puntillas de hierro, sin embargo, las disoluciones en vasos de plástico donde se sumergen los metales son diferentes, dos sustancias de carácter ácido y una de carácter salino, las sustancias ácidas utilizadas fueron vinagre, zumo de limón y cloruro de sodio en solución al 30%, dichas sustancias fueron caracterizadas antes y después por medio de la medición de pH con el objetivo de identificar si las nuevas formaciones cambian el pH de las mismas y por lo tanto dar cuenta de las transformaciones. En estos montajes se tienen en cuenta los resultados anteriores y resultados de Boyle al sumergir los distintos metales en espíritu de vinagre y orina, pues gracias a dichos experimentos se

determinó que los ácidos probablemente no oxidan o deterioran el metal, por el contrario, lo protegen formando una capa. Cabe resaltar que, en estos experimentos, los metales son sumergidos por completo en las soluciones.

Tabla 3. Resultados experimentales con sustancias ácidas.

Metal	Solución	Cambios Observables	pH		Registro fotográfico	
			Antes	Después	Antes	Después
Hierro	Vinagre 4%	Debido a que el metal está totalmente sumergido, los cambios no fueron significativos, pues ni el metal ni la solución tuvieron cambios, a excepción de una ligera capa oscura sobre el metal, que es fácil de retirar. De acuerdo con el ligero cambio de pH se puede identificar que dicha capa en el metal, altero ligeramente la composición de la solución.	6	7		
	Zumo de Limón	El zumo de limón resulto poco reactivo al sumergir el metal, pues este no cambio al paso del tiempo y el pH de la solución tampoco se vio alterado. El zumo de limón se descompuso al paso del tiempo y se observaron microorganismos. Al retirar esta solución se observó una capa muy ligera y casi indetectable de una sustancia de color negro probablemente la misma capa que se formó con el hierro sumergido en vinagre, las reacciones en estos dos casos han sido asociadas a una capa de óxido de hierro que protege las siguientes capas de hierro de una posible oxidación extensa o incluso una corrosión del hierro.	4	4		
	NaCl 30%	La solución se tornó de color naranja después de las dos semanas, la puntilla no tuvo cambios significativos, solo se formó una capa de color naranja que se retira rápidamente del metal, el pH cambio un poco probablemente a esa nueva formación de color naranja.	6	7		

Cobre	Vinagre 4%	El cobre parece ser más blanquizco o haber sido limpiado por en vinagre, es posible que la capa más superficial del cobre reacciono para formar una sustancia de color azul clara, que después se ve disuelta en la disolución.	7	7		
	Zumo de Limón	El zumo de limón resulto poco reactivo al sumergir el cobre, pues este no cambio al paso del tiempo y el pH de la solución tampoco se vio alterado. El zumo de limón se descompuso al paso del tiempo y se observaron microorganismos.	3	3		
	NaCl 30%	En la disolución se observa una sustancia de color verde claro, similar a otras sustancias que se han presentado en experimentos anteriores, sin embargo, al tener sal disuelta en agua es probable que el cloruro haya producido reacciones diferentes.	6	7		

Imágenes de la tabla 3.Elaboración propia

De los cambios que se generaron a partir de los experimentos, se obtienen las siguientes relaciones:

- En las sustancias ácidas como vinagre y zumo de limón, el hierro no es muy reactivo, se forma una capa de color negro que impide la oxidación y formación de sustancias, evidenciadas en experimentos previos de color naranja o rojizo que se han denominado óxido de hierro e hidróxido de hierro respectivamente. La capa negra que se ha formado tiene las características observables y de imantación del óxido de hierro en su primer estado de oxidación.
- En las reacciones que se han obtenido se presenta una secuencia de colores que se van formando al paso del tiempo en el hierro sumergido en soluciones salinas, por ejemplo, casi siempre la sustancia que se forma es de color negro, de ella se deriva una de color naranja claro y finalmente esta termina invadiendo toda la superficie del metal.
- En el vinagre y limón con metal de cobre, se formó una sustancia de color azul que se disuelve en las soluciones, dicha sustancia ya se había presentado en resultados previos, esto indica que las sustancias ácidas transforman la superficie del cobre, produciendo en el caso del vinagre, por su composición, probablemente un acetato de cobre y en el caso del limón un complejo poco estable entre el ácido cítrico y otros componentes del limón con el cobre.
- La solución de sal al 30% con metal de cobre, se tornó verdeazulado, sustancia insoluble, ya que se precipitó y quedó adherida a la superficie del vaso, en este caso se identificó que dicha sustancia es resultado probablemente de la reacción del cobre con cloruro de sodio, transformándose así en cloruro de cobre.
- Cuando los metales en general están sumergidos completamente reaccionan diferente, que cuando están mitad sumergidos y mitad expuestos, por lo tanto, el aire y el contacto de los metales con el mismo da paso a la formación de distintas sustancias que oxidan o corroen los metales.
- A pesar de que los experimentos se plantearon para dos semanas, estos se mantuvieron por más de un mes y se identificó que en los metales que estaban



parcialmente sumergidos, el deterioro de las capas de metal es inevitable, tanto en el hierro como en el cobre, ya sean las sustancias ácidas o salinas, son agresivas hasta el punto de corroer y destruir los metales, pero con un factor importante, un tiempo prolongado.

Las aportaciones para la identificación de nuevas sustancias y la diferenciación entre oxidación y corrosión que se generaron de este experimento fueron significativas en el sentido en que se abrió una nueva perspectiva para no solo analizar el comportamiento de los metales sino la interacción de dicho metal con todo lo que puede estar participando en estas transformaciones, es el caso del aire, el medio o solución y los factores de temperatura y ambiente, por lo tanto se consideran algunos aspectos importantes que son base para el planteamiento de los siguientes experimentos.

Se determinó que en los metales sumergidos en vinagre no hubo cambios significativos, sin embargo, del primer experimento ya se había realizado otro montaje, con la diferencia de que los metales no estaban sumergidos por completo en el vinagre y hubo resultados llamativos con muchas coloraciones nuevas, pero ¿Por qué los cambios no son los mismos en los dos montajes? se considera, gracias a dichos resultados, que el aire participa en la transformación del metal expuesto, así se determinó que hay dos tipos de interacciones diferentes; la primera, si el metal está sumergido por completo, los cambios no se hacen evidentes, porque la solución de vinagre impide la interacción directa con los gases y la segunda, si el metal está parcialmente sumergido ocurrirá una transformación sobre la superficie que está afuera de la solución, es decir que el pedazo que no está en contacto con el vinagre queda expuesto a otro medio con otras condiciones en el que interactúan los gases que se encuentran en el recipiente que contiene todo el montaje, en este caso un vaso de plástico.

Los metales que son sumergidos completamente en ácidos, no se ven afectados inicialmente, sin embargo, se forma una capa “protectora” de color negro que impide la formación de otras sustancias, lo que indica que los ácidos con baja concentración como los utilizados en esta experiencia podrían ayudar a conservar el estado de los metales, siempre y cuando los tiempos de exposición a estas sustancias ácidas no sean prolongados.

En cuanto a las sustancias salinas, los metales se transforman con mayor rapidez que en otros montajes, hay presencia de las sustancias que se ha reconocido en montajes anteriores y probablemente otras nuevas sustancias por las tonalidades que se han evidenciado, es muy probable que el agua (componente principal de todas las soluciones) y el aire del ambiente sean los causantes de los cambios producidos, ya sea en mayor o menor cantidad dependiendo de la sustancia que acompañe a la solución o si se aísla el montaje. En todos los casos, la larga exposición de los metales a diferentes ácidos o sales termina deteriorando el metal causando cambios en sus propiedades, en los medios y en la formación de nuevas sustancias.

#### **3.2.4. Cuarta actividad experimental: Efecto de la concentración en las disoluciones**

Para esta actividad se retoman los dos metales de estudio y los tres medios o soluciones con una variación en torno a la concentración de estas, debido a que se pretende establecer si a mayor o menor concentración de los medios, los metales sufren mayores o menores cambios. Por lo cual, se organizaron 18 montajes, donde la mitad son con cobre en los medios a diferentes concentraciones y la otra mitad con hierro, igualmente con los medios a diferente concentración.

Los montajes con diferentes concentraciones se prepararon de la siguiente manera:

Se toman 100mL de vinagre – ácido acético 4% y se depositó en el vaso plástico, luego se sumergió el trozo de hierro lijado<sup>6</sup> y se tapó con una capa de vinipel. El segundo montaje se realizó de la misma forma que el primero, pero con el vinagre en una concentración a la mitad<sup>7</sup> 2% y finalmente el tercer montaje se realizó con una solución a la décima parte de la inicial aproximadamente 0,4%.

---

<sup>6</sup> Los montajes se repitieron de la misma manera, pero con una variación donde se usó como metal el cobre lijado.



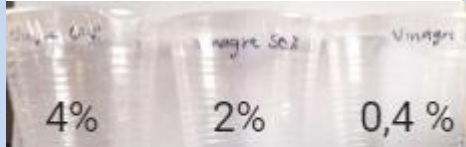

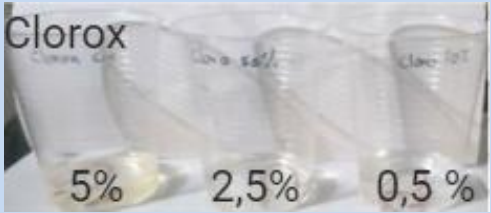


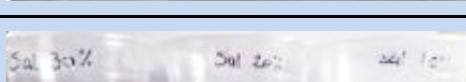



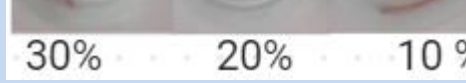
<sup>7</sup> Las soluciones de los tres medios (ácido acético, hipoclorito de sodio y agua) se prepararon haciendo uso de medidas de volumetrías sencillas, como instrumentos se hizo uso de vasos de precipitado, goteros y una pipeta de 5mL debido a que todas las sustancias usadas en los medios eran líquidas. Para las soluciones de NaCl se utilizó una gramera digital para realizar las medidas necesarias.

En el caso del blanqueador o desinfectante con hipoclorito de sodio al 5%, se tomaron 100 mL luego se sumergió el hierro y se tapó con una capa de vinipel. El segundo montaje se realizó igual, pero con el hipoclorito en una concentración a la mitad 2,5% y finalmente el tercer montaje se realizó con una solución a la décima parte de la inicial aproximadamente 0,5%.

Para la solución de cloruro de sodio, se depositaron 3 gramos de sal en 100 mL de agua, para una solución al 30%, luego se sumergió el hierro y se tapó con una capa de vinipel. El segundo montaje se realizó de la misma forma que el primero, pero con sal al 20% en y finalmente el tercer montaje se realizó con una solución al 10% repitiendo el procedimiento.

Tabla 4. Resultados experimentales de acuerdo con la concentración de las disoluciones.

Metal	Solución	Cambios Observables	Registro fotográfico	
			Antes	Después
Hierro	Vinagre 4%	Se formó una capa de color negro en las puntillas, que ha sido característica en todos los montajes, sin embargo, en la solución con concentración 0,4% se observó una diferencia en comparación con las otras dos concentraciones. Pues es evidente una coloración naranja similar a las formadas en montajes anteriores cuando el vinagre está expuesto al aire.		
	Vinagre 2%			
	Vinagre 0,4%			
	Hipoclorito de sodio 5%	En el hipoclorito de sodio las reacciones terminaron siendo iguales a los montajes anteriores, pero los resultados fueron mucho más significativos cuando la disolución está más concentrada, pues fue en este recipiente donde más se evidenció formación de nuevas sustancias.		
	Hipoclorito de sodio 2,5%			
	Hipoclorito de sodio 0,5%			
	NaCl 30%	La solución se tornó de color naranja después de las dos semanas, las puntillas no tuvieron cambios significativos, solo se formó una capa de color naranja que se retira rápidamente del metal, esta formación naranja es más evidente cuando la concentración de sal es más baja.		
	NaCl 20%			
	NaCl 10%			

Cobre	Vinagre 4%	El cobre es más al ser sumergido en el vinagre con concentración mayor, es posible que la capa más superficial del cobre reaccione para formar una sustancia de color azul clara, que después se ve disuelta en la disolución. Dicha coloración azul es más notable en las disoluciones al 2% y 0,4% de concentración. Indicando que las reacciones se producen rápidamente en concentraciones bajas.		
	Vinagre 2%			
	Vinagre 0,4%			
	Hipoclorito de sodio 5%	El hipoclorito de sodio resulto ser más reactivo con el cobre, siempre que su concentración sea más baja, por lo tanto, las formaciones de sustancias oscuras negruzcas del cobre que se han asociado con oxido de cobre, son más evidentes en la concentración de 0,5%.		
	Hipoclorito de sodio 2,5%			
	Hipoclorito de sodio 0,5%			
	NaCl 30%	En la disolución se observa una sustancia de color verde claro, similar a otras sustancias que se han presentado en experimentos anteriores, sin embargo, al tener sal disuelta en agua es probable que el cloruro haya producido reacciones diferentes. En todas las concentraciones se observan las mismas coloraciones e intensidad de color.		
	NaCl 20%			
	NaCl 10%			

Imágenes de la tabla 4. Elaboración propia

Teniendo en cuenta las observaciones anteriores, se retoma el aspecto del efecto de la concentración de los medios en contacto con los metales, debido a que el hierro es el metal que sigue presentando la mayoría de los cambios, en cambio el cobre se ve afectado parcialmente en su superficie con excepción del contacto con hipoclorito de sodio.

Experimentalmente, se obtiene que, en aquellas soluciones de menor concentración, los metales presentaban mayores cambios en función del tiempo (día a día). Esto es analizado a partir de la concentración de gases disueltos en el agua empleada, debido a que no se tuvo un cuidado particular con la manera de preparar las soluciones y estas se dejaron expuestas al aire, permitiendo que gases solubles en las soluciones como el oxígeno estuvieran presentes en las transformaciones de los metales y acelerarán los cambios de las sustancias, en este caso metales y los medios.

Las soluciones con mayores concentraciones fueron las que presentaron menores cambios, debido a que visiblemente los cambios parecieron ser más lentos y con menor rastro de nuevas sustancias, coloraciones o texturas en los metales.

Teniendo en cuenta las observaciones anteriores, se retoma el aspecto del efecto de la concentración de los medios en contacto con los metales, debido a que el hierro es el metal que sigue presentando la mayoría de los cambios, en cambio el cobre se ve afectado parcialmente en su superficie con excepción del contacto con hipoclorito de sodio.

Experimentalmente, se obtiene que, en aquellas soluciones con menor concentración, los metales presentaban mayores cambios en función del tiempo (día a día); si los medios tenían más agua iban apareciendo mayor cantidad de burbujas y así mismo los cambios eran más evidentes. Este fue un análisis importante en los montajes en función de la concentración, debido a que no se tuvo un cuidado particular con la manera de preparar las soluciones y estas se dejaron expuestas al aire, permitiendo que gases solubles como el oxígeno estuvieran presentes en las transformaciones de los metales y medios y aceleraran los cambios de las sustancias que interactuaban en los montajes. En este caso se podría considerar que los gases disueltos en los medios

podrían servir de catalizadores de las reacciones y acelerar las transformaciones de las sustancias implicadas en los montajes experimentales.

En cuanto al efecto de los solutos como vinagre, hipoclorito y cloruro de sodio, se obtienen mayores cambios en contacto con hipoclorito de sodio, donde la aparición de cristales en el caso del cobre y de precipitados con el hierro son llamativos; con el vinagre los metales aparentemente “pierden esa capa protectora” de la oxidación y cambian sus colores superficiales, esto fue más rápido en el vinagre a menor concentración y se evidencia en esta concentración la aparición de cristales igualmente y con el Cloruro de sodio los cambios son mínimos, se observan cambios leves de color de los medios, posiblemente por los solutos del medio disociados en interacción con los metales y el aire, pero aun así las sustancias salinas parecen no afectar significativamente a los metales durante el tiempo que se hizo el análisis.



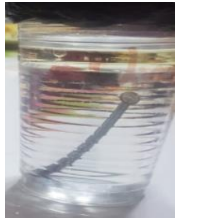



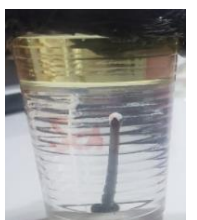

### **3.2.5. Quinta actividad experimental: Experimentos con limitación del aire**



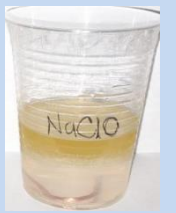
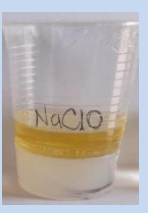

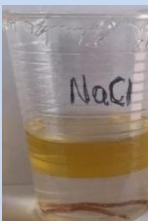
En esta actividad se realizan experimentos con cobre y hierro nuevamente, sin embargo, en esta ocasión se hacen variaciones para limitar el aire, procurando que este no interfiera en las reacciones de los metales, pues hasta el momento se tiene la hipótesis de que el aire es un factor muy importante en estas formaciones de nuevas sustancias. Por lo tanto, las soluciones que se preparan para esta experiencia se realizan con agua de botella hervida, evitando que esta se oxigene o se mezcle con los gases que están presentes en el aire, así, se preparan soluciones de cloruro de sodio al 30%, otra de Hipoclorito de sodio al 5%, vinagre de concentración 4% y agua, luego se sumergen los metales y al instante, se agrega una capa de aceite de aproximadamente un centímetro y finalmente estos recipientes se tapan con capas de papel vinipel. Las soluciones se realizaron con esas concentraciones debido a que con el experimento previo se identificó que las concentraciones de las soluciones interfieren drásticamente en las reacciones que se producen con los metales, determinando que entre más agua haya o la disolución sea de menor concentración, las reacciones se generaran más rápido y con mayor abundancia. Por lo anterior, los montajes que se realizan tienen

características de concentraciones bajas, capa de aceite y capa de vinipel, e igual que en los otros montajes se observan durante dos semanas.



Tabla 5. Resultados experimentales cuando el montaje se aísla del aire.

Metal	Solución	Cambios Observables	Registro fotográfico	
			Antes	Después
Hierro	Vinagre 4%	Después de dos semanas de observación, el metal de hierro no tenía grandes cambios, solo se produjo el mismo efecto que en experimentos anteriores es decir que la puntilla se recubrió de una sustancia de color negro que impidió la formación de otras sustancias.		
	Hipoclorito 5,5%	El primer día se desprende de la puntilla una sustancia sólida rojiza de extremos a medios. Los días siguientes no se observan cambios diferentes a los observados inicialmente, en comparación con montajes anteriores la oxidación es casi inhibida por completo debido probablemente a las condiciones del montaje		
	Agua	Al poco tiempo se sumergir la mitad del tornillo en agua se evidencia un poco de burbujeo por las paredes de la puntilla, con el tiempo se forma una capa de color amarillo-rojizo, marcado más en unas zonas que en otras, sin embargo, en comparación con otros montajes, la cantidad de sustancia formada es muy poca.		
	NaCl 30%	Se forma una sustancia amarilla rojiza muy similar a la que se ha formado en el agua en montajes anteriores con la diferencia que esta se produjo mucho más rápido, sin embargo, como en este montaje las condiciones son aislantes, dicha sustancias es muy poca después de las dos semanas.		

Cobre	Vinagre 4%	La fibrilla de cobre se tornó rosada, inmediatamente se sumerge en el vinagre, la solución de vinagre no tomo coloración azul clara como en montajes anteriores, lo anterior durante las primeras dos semanas de observación.		
	Hipoclorito 5,5%	El metal conserva brillo en ciertas partes, se tornan negras algunas partes de la superficie, la solución toma una coloración blancuzca, el metal parece no haber sufrido cambios significativos en las primeras semanas, lo que puede indicar que el aire no está interfiriendo.		
	Agua	El metal se oscurece ligeramente en algunas partes de la superficie sin embargo se ve casi intacto, no parecer haber afecciones significativas al sumergirlo en el agua.		
	NaCl 30%	El metal se oscurece ligeramente en algunas partes de la superficie sin embargo se ve casi intacto, la solución toma una coloración verde claro, no parecer haber afecciones significativas al sumergirlo en el agua.		

Imágenes de la tabla 5. Elaboración propia

En este experimento es notable en todos los montajes, que las reacciones no se producen del mismo modo que en los montajes anteriores, de hecho, los cambios en los metales son menos significativos, destacando así el papel que tienen las capas que se le han puesto de aceite y papel vinipel. La intención de este montaje era aislar de los medios acuosos el oxígeno atmosférico mediante el uso de capas protectoras que privaban en cierta medida la acción del aire sobre las transformaciones de los metales y por tanto se obtienen las siguientes relaciones:

- En el cobre sumergido en hipoclorito de sodio, se habían obtenido en otros montajes, sustancias negras, verdes y rojizas a lo largo de 3 o 4 días, sin embargo, en este montaje solo se produjo una sustancia de color negro y esta surgió después de un tiempo significativo de siete días aproximadamente, dicha sustancia de color negro ha sido caracterizada como un óxido de cobre, por sus características de solubilidad.
- Para el hierro sumergido en hipoclorito, los cambios fueron muy similares a los obtenidos en los experimentos 1,2 y 3, pero en esta ocasión la sustancia que ya era conocida de color vinotinto no surgió, sino que después de cinco días solo se desprendió una sustancia de color café que ya era conocida y que se había caracterizado como una sal de hierro debido a las características físicas.
- El cobre sumergido en agua, vinagre y solución al 30% de cloruro de sodio, los cambios no fueron muy notables, el metal no sufrió mayores cambios, por lo tanto, se deduce que la acción del aceite es suficiente para proteger este metal de la interacción con el aire.
- El aire es una sustancia clave en el proceso de oxidación y corrosión de los metales, pues al parecer este es el que permite la formación de óxidos de metal.
- Debido a las observaciones, es probable que la primera sustancia que se forma en los metales en todos los casos sea óxido de dicho metal y otras sustancias con diferentes coloraciones se aluden a formación de sales e hidróxidos que son derivados de los óxidos o que se forman después de tener óxido de metal, en consecuencia se establece una relación de reacción en los metales y se considera

que si el metal no se oxida, es decir no forma un óxido inicial, no se formaran nuevas sustancias con otras coloraciones como sales e hidróxidos.

- Las sustancias que aíslan el aire contribuyen significativamente a la duración o la vida útil de los metales, inhibiendo la formación de nuevas sustancias o retrasando el proceso de estas.

Derivado de esta quinta experiencia, se resalta el poder identificar el papel del aire en la formación de nuevas sustancias, pues el hecho de que el aire sea limitado impidió la formación de sustancias y retardo el proceso de otras. Por ejemplo, de las sustancias que se han identificado en el hierro en otros montajes se destacan tres específicamente, una de color naranja que es la primera en formarse, otra de color café que al parecer se deriva de la primera y una última de color morado que solo se forma cuando el metal está sumergido en hipoclorito, pues en estos montajes cuando el aire era limitado parcialmente solo se formó la primera sustancia que para efectos de estos estudios es asociada con hidróxido de hierro por sus características, indicando que probablemente para obtener la formación de las otras sustancias se requiere que el montaje este expuesto al aire, lo que comprobaría lo mencionado en el montaje anterior en el cual se planteaba que el aire es un factor muy influyente en la formación de nuevas sustancias. A través del tiempo de formación de las nuevas sustancias se identificó que la sustancia naranja tardo mucho más tiempo en formarse que en montajes cuando el aire no era limitado y esta no afecto al metal de hierro.

Una situación similar sucedió en el caso del cobre, en el que se formaban, en montajes anteriores, tres sustancias, una de color negro, otra de color rojizo y una última de color verde azul o verde claro, pero en este montaje cuando el aire es limitado solo se forma inicialmente la sustancia de color negro que se asocia con óxido de cobre, la primera semana, luego de un par de meses, esta sustancia de color negro parecía haberse transformado en la de color verde azul. Esto permitió corroborar las ideas de lo que sucedía en otros montajes en donde primero se formaba la sustancia de color negro y luego las otras nuevas sustancias, identificando así que el aislamiento del aire impidió la formación temprana de nuevas sustancias pero no inhibió la transformación, del mismo modo se identificó que estas nuevas sustancias no afectan drásticamente al metal de

cobre (al menos en un par de meses) sino que se pueden retirar y el metal solo pierde ligeramente pequeñas partes casi imperceptibles.

En todos los montajes, las capas aislantes terminan impidiendo en gran medida el paso de gases al agua, con los cuales los metales se transformarían rápidamente, sin embargo el agua inicialmente tenía gases disueltos en ella, es probable que debido a esto se hayan formado las pocas o escasas sustancias que se formaron, en este sentido el aceite termina siendo un protector parcial contra la oxidación y corrosión de los metales, entendiendo la oxidación como la formación de óxidos (sustancias que no deterioran el metal ya que su formación es uniforme y actúa como protector de los mismos) y principal base para la formación de otras sustancias y la corrosión como formación de sustancias que destruyen o afectan el metal ya sea a corto o largo plazo, como hidróxidos o sales del metal que se forman en la interacción del metal con sustancias en solución o simplemente agua.

### **3.2.6. Sexta actividad experimental: Electrólisis en la desoxidación de metales**

En esta última experiencia se realiza un proceso llamado electrólisis. La electrólisis fue propuesta por Michael Faraday en su libro *Experimental Researches in Chemistry and Physics*- serie VII en el año 1834 en el que describe y analiza algunos resultados que obtuvo específicamente en la separación en iones del agua y sustancias salinas a través de corriente eléctrica. Para realizar el proceso de electrólisis, se hace pasar una corriente eléctrica a través de una solución salina, en la cual se sumergen dos electrodos, que harán de catión y anión y que conectan con el circuito, al electrolizar el agua, por ejemplo, esta se vuelve conductora por la adición de electrolitos, se obtiene entonces hidrógeno en el cátodo y oxígeno en el ánodo. Para efectos de este documento, la electrólisis se realiza con soluciones de cloruro de sodio, una fuente de cinco amperios, un multímetro, metales oxidados o corroídos y metal de la misma naturaleza como anión (metal no sumergido en ninguna sustancia y lijado previamente). El montaje y los materiales se muestran a continuación:



Imagen 2. Materiales para la electrólisis.

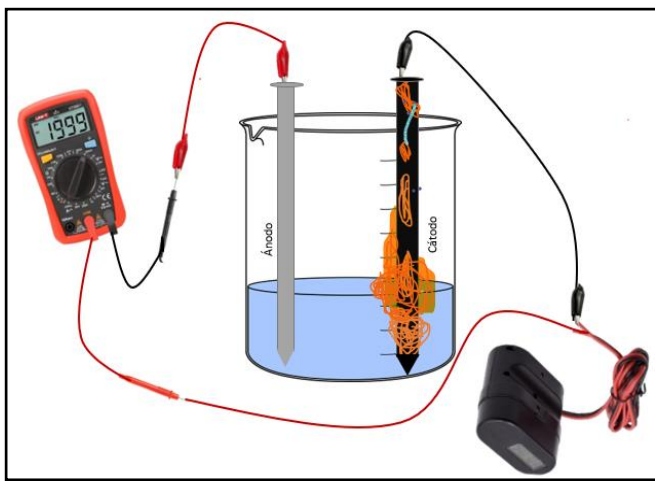


Imagen 3. Montaje de la electrólisis del hierro.

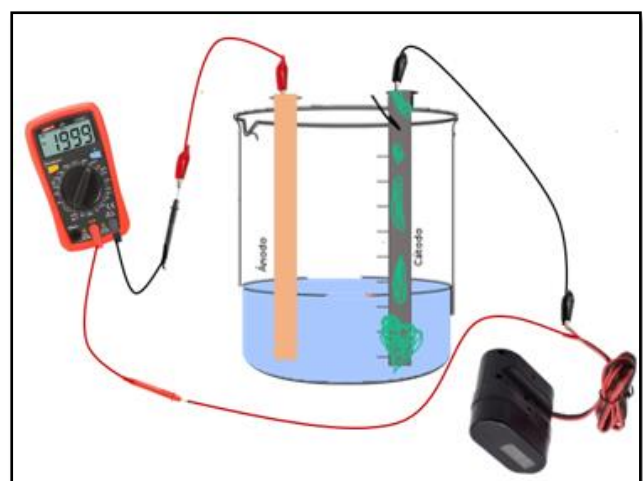


Imagen 4. Montaje de la electrólisis del cobre.

De acuerdo con lo anterior, se toman los metales de cobre y hierro que han estado sumergidos en diferentes soluciones de vinagre, sal, hipoclorito de sodio y agua en todos los experimentos. El primer montaje se realizó con las puntillas de hierro, la desoxidación tardó aproximadamente 30 min, después de dicha electrólisis se identificó en todos los casos, que el hierro tenía distintas capas de lo que es considerado hidróxido y sales de hierro, sin embargo luego de dicho tiempo en el circuito, las puntillas resultaron sin ninguna formación en su superficie, pero con características que indicaban corrosión, pues tenían fisuras, pequeños agujeros y algunas incluso sin punta o con la punta deformada, razón por la cual se determinó que el hierro en las distintas soluciones tiene cambios significativos, no solo se forman diferentes sustancias superficiales sino que el deterioro es inminente al paso del tiempo, en este caso dos semanas fueron suficientes

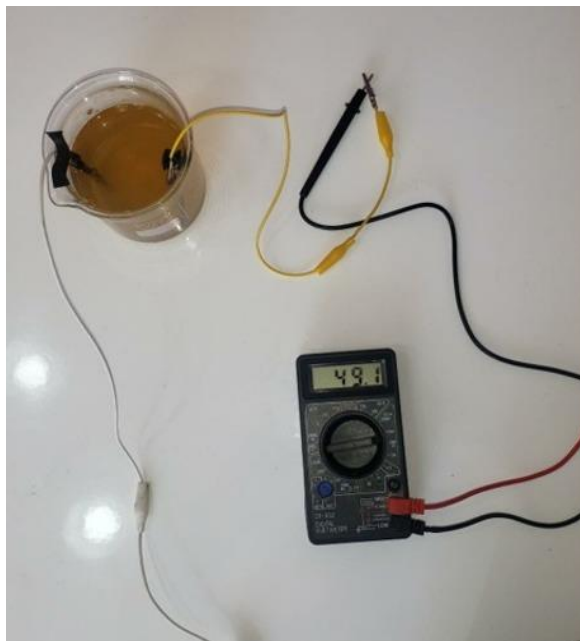


para evidenciar cambios en el hierro que estuvo constantemente sumergido en diferentes soluciones.

En cuanto a la disolución en la que se sumergió el metal para realizar la electrólisis, esta terminó coloreándose con las sustancias que se iban retirando del cátodo y formándose en el ánodo, algunas sustancias de color café características del óxido de hierro se precipitaron en el recipiente, mientras que otras de color naranja caracterizadas como hidróxido y sales de hierro se disolvieron en la solución.



**Imagen 5. Puntillas de hierro antes y después de la electrólisis.**



**Imagen 6. Montaje de la electrólisis del hierro con multímetro.**



**Imagen 7. Transformaciones de las puntillas de hierro.**

El segundo montaje se realizó con los metales de cobre que tenían las diferentes formaciones en su capa superficial, la desoxidación del cobre tardo aproximadamente 20 minutos en algunos casos, pues las sustancias que se habían formado en el cobre eran mucho más fáciles de retirar que las formadas en el hierro. Después de dicha electrólisis se identificó que en el caso del cobre que había sido sumergido en vinagre y que tenía una sustancia con coloración azul clara en la superficie, solo necesitó 5 minutos para desoxidarse, pues dicha sustancia era soluble en agua, así que el ánodo no resultó muy afectado. En el cobre que había sido sumergido en hipoclorito de sodio, que tenía formaciones en la superficie de color negro y verde claro, la electrólisis tardo 20 min, pues a pesar de que la sustancia de color verde claro que se había caracterizado como hidróxido de cobre se disolvió en el agua, la sustancia de color negro estaba más adherida y esto hizo más tardío el proceso. La sustancia de color negro tenía características de óxido, por ser un polvo insoluble de color negro.

En el cobre que estaba sumergido en cloruro de sodio en experimentos anteriores, el proceso fue muy similar, sin embargo, el cobre solo tenía una capa de color verde claro, que como se ha mencionado antes fue caracterizado como hidróxido de cobre, por lo tanto, al retirar esta capa el ánodo no sufrió mayores cambios ya que dicha sustancia es soluble en la solución.

En todos los casos se determinó que las disoluciones en las que estuvo sumergido el cobre en los experimentos 1 al 5 no afectaron significativamente al metal, aunque si se observaron grandes cantidades de sustancias y variedades de coloraciones, el cobre por lo tanto resultó no tener tantas fisuras o trozos faltantes, pero si presentaba un adelgazamiento en donde más se habían formado sustancias. En la disolución utilizada para la electrólisis quedaron precipitados de coloración negra y sustancias disueltas de coloración verde azul.



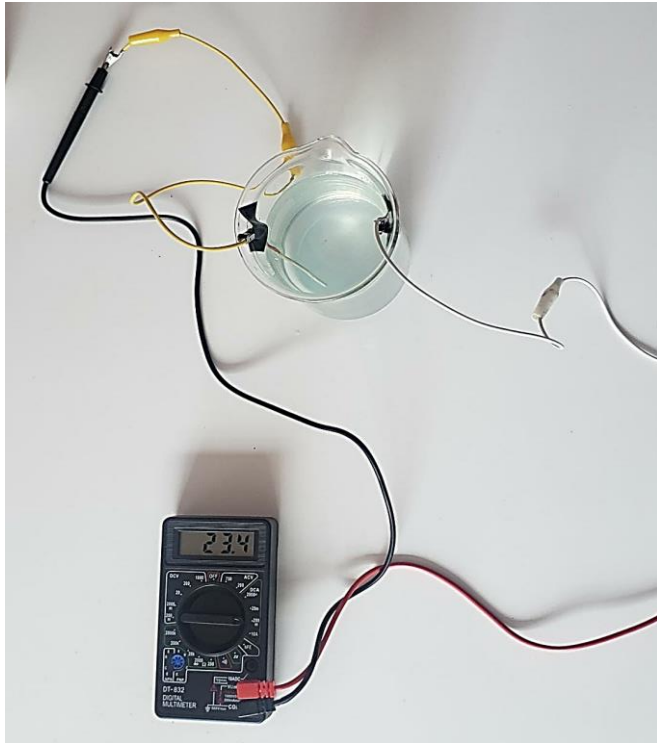


Imagen 9. Montaje de la electrólisis del cobre con el multímetro.

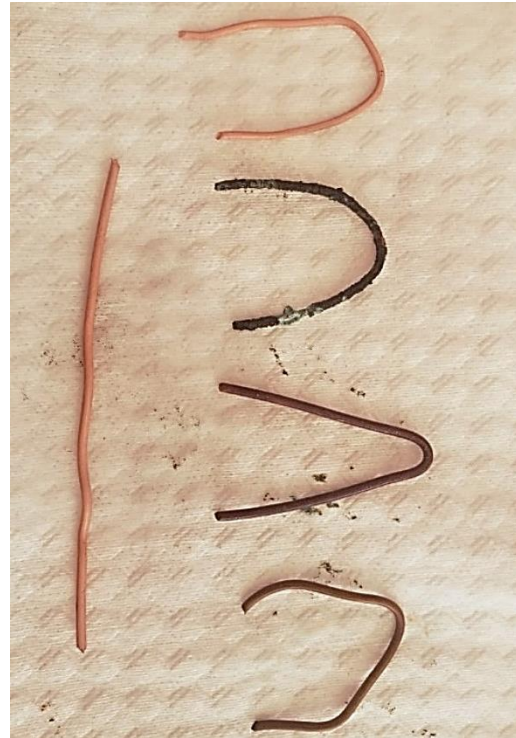


Imagen 8. Transformación de los trozos de cobre.

De todos los resultados de los diferentes montajes, se identifica que:

- El metal de cobre no tiene cambios significativos, aunque las formaciones que estaban en su superficie eran abundantes y de distintas coloraciones lo que permitió concluir que la oxidación y corrosión en el cobre está dada por las sustancias que se forman alrededor y la capacidad de estas para seguir corroyendo al metal o proteger al metal de deterioro.
- En el caso del cobre se identifican 5 sustancias diferentes, clasificadas debido a las coloraciones, la coloración roja es comparada con óxido de cobre, cuando su estado de oxidación es el primero, de coloración negra cuando su estado de oxidación es el segundo y esta combinado con oxígeno, coloración verde azul cuando su estado es el segundo pero no solo esta combinado con oxigeno sino también con agua, de coloración azul claro, cuando su estado es el segundo y se ha combinado con un acetato y finalmente de coloración verde claro cuando se trata de la combinación entre el cobre y cloro.

- El metal de hierro, en comparación con el cobre, es más susceptible a la oxidación y corrosión, pues a pesar de que se realizó la desoxidación de las puntillas, el metal no quedó como al principio, sino que terminó con muchos cambios significativos como fisuras, rayones y trozos faltantes.
- En el hierro se identifican 3 coloraciones diferentes, una de color negro la cual fue caracterizada como óxido de hierro con el metal en su primer estado de oxidación, es decir una combinación entre hierro y oxígeno, una de color naranja que se caracterizó como hidróxido de hierro, que se forma al combinarse el óxido de hierro con agua y una de color rojo identificada como óxido de hierro con el metal en su segundo estado de oxidación.

En este experimento se introducen dos electrodos en la solución salina, y se conectan a una fuente de corriente continua, en este punto se generan una serie de reacciones electroquímicas donde se incluyen disociaciones electrónicas de las sustancias en contacto, teóricamente en el ánodo se produce la oxidación del metal, en cambio los iones positivos, de forma análoga, se dirigen hacia el electrodo negativo, allí captarán electrones y se reducirán. Para poder realizar el montaje experimental se tuvo cuidado con la cantidad de sal adicionada a los montajes, ya que a mayor concentración de esta los cambios evidenciados eran más lentos, posiblemente debido a que una alta concentración de sal puede impedir el flujo de los iones para interactuar y formar nuevas sustancias.

En la electrolisis tanto con el cobre como con el hierro se toman como ánodo aquellos metales lijados no sumergidos en medios con anterioridad y como cátodo los metales tomados de los experimentos anteriores, una vez iniciado el paso de corriente eléctrica es evidente la liberación de burbujas alrededor del ánodo y con el tiempo se empieza a cubrir por una serie de sustancias, que se han caracterizado en este documento para el caso del hierro como óxido (coloraciones oscuras), hidróxidos de tonos amarillos y rojizos y cloruros por sustancias de coloraciones blancuzcas, se determina que estas sustancias aparecen en el orden en el que se describen. En cambio, en el montaje de electrolisis donde el cobre de los experimentos anteriores es tomado como cátodo y un trozo lijado es tomado como ánodo, se obtiene en el ánodo que primero

el metal pierde el color naranja cobrizo y se torna de color rosa claro, luego se rodea de manchas negras y posterior a esto de cristales verdosos.

Los medios cambian totalmente, en estos se obtienen al final precipitados de diferentes colores que se desprenden de los metales tomados como ánodos y reduce el volumen de la solución salina usada en la electrolisis. En este punto se entiende que la mayoría de los cambios en los metales que fueron analizados durante más de dos meses en los montajes experimentales realizados con anterioridad, también se generan en la electrolisis, por lo tanto la electrolisis acelera las reacciones químicas, donde el paso de corriente eléctrica lleva a una disociación de las sustancias participantes en sus formas iónicas, sean metales o soluciones salinas, así mismo de las sustancias gaseosas, dándose una serie de interacciones entre estas sustancias, transformándolas y permitiendo nuevas recombinaciones, que son evidentes tanto en la superficie de los metales, como de los medios y la liberación de sustancias gaseosas, ya que mientras en uno de los metales (ánodo) empiezan a generarse nuevas sustancias, el otro metal (cátodo) aparentemente se desoxida.

Los metales que se desoxidan, denominados cátodos, pasan por un proceso de reducción quedando sin esas sustancias que los rodeaban con anterioridad; estos metales después del proceso cambian sus características iniciales, ya que al final quedan frágiles, pierden sus extremos y su brillo. Por el contrario, el ánodo, es decir el metal sin rasgos visibles de oxidación, es rodeado con diferentes sustancias que se van formando al mismo tiempo que las que se van desprendiendo del cátodo, estas sustancias fueron caracterizadas en los montajes realizados como óxidos, sales e hidróxidos debido a sus coloraciones, estado, textura, olor, y demás características físicas.

El hierro es el metal que más cambios presenta al final, evidencia un deterioro drástico que se relaciona con el fenómeno de la corrosión, donde cambia tanto que no es posible que retome su estado y propiedades iniciales, en cambio el cobre, que aunque pierde su brillo, un poco de grosor y sus extremos, no cambia tan significativamente en comparación con el hierro, en realidad, si se le lija podría tener nuevamente su brillo, textura y color inicial, indicando que este metal no se ve tan afectado con la corrosión,

pues resulta ser más resistente a la misma, sin embargo si se oxida al contacto con oxígeno atmosférico y en ambientes húmedos.

### ***3.2.7. Aportes de la actividad experimental y la construcción histórica para la implementación***

De la actividad experimental realizada por las docentes y el análisis histórico contemplado, se tienen en cuenta una serie de elementos para la elaboración de las actividades a desarrollar en la implementación de aula.

Por un lado, se resalta que a medida que se iba profundizando en las construcciones históricas para comprender el fenómeno de estudio, se avanzaba en la planeación y desarrollo de los montajes experimentales, que desde el primer momento propiciaban un hilo conductor entre la serie de experimentos propuestos, estos a su vez iban aumentando su nivel de complejidad conceptual a medida que se realizaban; cada experimento contaba con su intencionalidad con respecto a los objetivos propuestos a desarrollar en el aula pero también estos se iban delimitando y modificando con respecto a los alcances, espacios, materiales y la modalidad de implementación de tipo semipresencial por la contingencia sanitaria. Algunos de los montajes experimentales se basaron en los estudios propuestos por los dos referentes históricos principales Boyle y Lavoisier, lo que permitió en su momento seleccionar los metales, soluciones, espacios, condiciones, entre otros factores para el desarrollo de las actividades.

En este orden de ideas, los elementos resaltados en el párrafo anterior contribuyeron significativamente al momento de caracterizar las sustancias que se transformaban experimentalmente, como también la forma en que influye la concentración de las sustancias usadas como medios y la razón por la que no todos los metales cambian o se transforman de la misma manera. Por último, es importante destacar que las construcciones tanto históricas como experimentales permitieron comprender que las sustancias interactúan todo el tiempo, no se trata solo de combinaciones de los metales con el oxígeno del ambiente como se explica en el aula de clase, sino que las condiciones ambientales, la humedad y sustancias acuosas, y la cantidad de oxígeno disuelto afectan y modifican las nuevas sustancias producidas

permanentemente por la interacción entre las mismas, distinguiendo el fenómeno de la oxidación por los óxidos formados en los metales superficialmente que no afectan permanentemente a los mismos del fenómeno de la corrosión que por el contrario deteriora la apariencia y composición de los metales.

#### **4. PROPUESTA DE AULA, IMPLEMENTACION Y SISTEMATIZACIÓN**

En este apartado se explica la organización y construcción de la secuencia de actividades enfocadas en los fenómenos de oxidación y corrosión de los metales, que se construyó a partir de una articulación entre aspectos históricos como los retomados de los textos de Boyle y Lavoisier y las actividades experimentales realizadas por las autoras que en un primer momento fueron base para ampliar la comprensión de los fenómenos estudiados y elaborar las explicaciones del trabajo de grado.

Dicha articulación permitió elaborar el cuadernillo titulado “Los viajes de Boyle y Lavoisier” en el que proponen cuatro fases con un total de diez actividades con el fin de acercar no solo a los estudiantes a los fenómenos de la oxidación y la corrosión desde aspectos perceptuales y experimentales, sino como una herramienta para que los docentes incluyan prácticas experimentales relacionando las explicaciones donde se hace uso de ecuaciones e intercambio de electrones con el experimento y la construcción de explicaciones derivadas.

A continuación, se presentan los aspectos que se tuvieron en cuenta para la elaboración de un cuadernillo<sup>8</sup> y la implementación de este; aspectos como la intencionalidad de cada una de las cuatro fases, objetivos, descripción de la actividad, preguntas conductoras de las actividades y los contenidos a tratar para relacionarlo con los currículos de las instituciones educativas en las que se pretenda usar el cuadernillo.

---

<sup>8</sup> El cuadernillo “Los viajes de Boyle y Lavoisier” se adjunta como Anexo N°1 en este documento.

Tabla 6. Organización de la secuencia de actividades a modo de cuadernillo. "Los viajes de Boyle y Lavoisier"

Fase	Actividades	Actividades para desarrollar	Descripción	Preguntas para abordar con los estudiantes	Contenidos que se tratan	Intencionalidad
1	La Invitación – Iniciemos nuestro viaje	Lectura y taller introductorios en los cuales se mencionan procesos de la cotidianidad de la oxidación de metales.	Para esta actividad de introducción a la temática, se elaboró una guía con título Invitación: La visita inesperada de Boyle y Lavoisier donde los protagonistas realizan un recorrido por el mundo descubriendo una serie de estatuas y monumentos que han cambiado de color, de olor y de textura con el tiempo, estructuras como la estatua de la libertad (EE. UU.), Unisphere (EE. UU.), Torre Eiffel (Francia), el Buda de oro (Tailandia), las gordas de Botero (Colombia). A partir de esto se plantean diferentes preguntas sobre los posibles cambios o el motivo de los cambios en las estatuas antes y después de cierto tiempo.	¿Qué pudo haber pasado en las estatuas para que estas cambien de color de un tiempo a otro?	Oxidación de los metales en la cotidianidad.	Identificar aspectos que logren relacionar los estudiantes con la actividad, respecto a su experiencia en la formación de nuevas sustancias derivadas de los metales, en situaciones cotidianas.
	Tiempo (45 minutos)			¿Cuáles son los colores más significativos en las estatuas después de cierto tiempo?	Relación entre los metales y el color de las sustancias	
	Introducción al tema por medio de una lectura con imágenes.			¿Las estatuas pueden seguir cambiando de color o este será su color permanente?	Condiciones para las transformaciones en los metales	
2	Bienvenido a mi laboratorio	Invitación a la primera situación experimental sobre los cambios en el hierro y cobre.	En esta actividad Boyle y Lavoisier invitan a los estudiantes a una situación experimental. Teniendo en cuenta que anteriormente ellos se han cuestionado el porqué de los cambios de las estatuas metálicas de Hierro y Cobre al paso del tiempo. Ellos invitan a los estudiantes a realizar un experimento con dos metales lijados (un trozo de cobre y una puntilla de hierro) dentro de tres sustancias de interés (agua, vinagre de cocina y un producto de limpieza -Hipoclorito de sodio). Los estudiantes deben contrastar experimentalmente lo expuesto por Boyle y Lavoisier y plantear una tabla de registro de observación, descripción, análisis y fotografías por dos semanas.	¿Qué cambios se dan en el cobre y el hierro al combinarse con sustancias como el agua, el vinagre y el Hipoclorito de sodio?	Oxidación y corrosión de los metales cobre y hierro	Establecer criterios de observación y análisis de los diferentes montajes experimentales con cobre y hierro para identificar como cambian en interacción con otras sustancias.
	Tiempo (100 minutos)			¿Cuál es la razón por la cual cambian de apariencia los metales?	Descripción y relación con la química y los cambios observables.	
	Primera experiencia con los metales y medios acuosos.			¿Qué cambios son más significativos? ¿Por qué razón?		

2	Retroalimentación ¡¡Comparemos resultados!!!	Descripción de las sustancias obtenidas y relación con las transformaciones químicas de los metales y medios.	Los estudiantes se reunirán por grupos de trabajo y mostrarán los resultados obtenidos cada uno de ellos, resaltando los cambios de color, olor, forma, uniformidad de los cambios y textura de los metales, identificando, además, el medio en el que se producen más cambios. Los estudiantes compararán y realizarán una tabla de observaciones generales por cada montaje.	¿Qué transformaciones sufrió el metal?	Condiciones y medios para la oxidación y corrosión de los metales.	Contrastar los resultados obtenidos entre compañeros, teniendo en cuenta las preguntas y observaciones realizadas a lo largo de las situaciones experimentales.				
	¿Qué transformaciones sufrieron los medios?									
	¿Hay nuevas sustancias?			Análisis de lo observado y formulación de conclusiones						
	Describa los cambios sobre la superficie de los metales.									
Tiempo (45 minutos)	Realización de un segundo montaje en donde se varían las condiciones y contacto con el aire en comparación con el primer montaje.	Se hace lectura del texto de la guía sobre la presencia del oxígeno diatómico y lo que produce en los materiales. Boyle relata una historia donde cuenta que dependiendo de la altura donde este ubicada cada estructura de metal se observan cambios de colores y de texturas en las mismas, que son diferentes al compararse, esto le lleva a hacerse una pregunta ¿Las sustancias encontradas en el aire y en el agua son las causantes de los cambios en las estatuas?	¿Cuándo aparecen los primeros cambios?	Condiciones y medios para la oxidación y corrosión de los metales.	Formular explicaciones sobre las transformaciones de los metales y los medios cuando el aire es limitado.					
Primera retroalimentación de los sucesos experimentales.			Comparación entre el montaje expuesto al aire y el montaje con una barrera de contacto con el aire y los cambios asociados a la oxidación y corrosión.			Los estudiantes se reunirán por grupos de trabajo y realizarán las comparaciones entre los primeros montajes realizados y los segundos en torno a la influencia del oxígeno disuelto en el agua en contacto con los metales y las sustancias de los medios, ellos analizarán y explicarán el porqué de los cambios, las diferencias y los aspectos en común por medio de un video corto de no más de tres minutos que se visualizara en el próximo espacio de retroalimentación.	¿El metal cambia del mismo modo que expuesto al aire?	Importancia de las disoluciones utilizadas		
Tiempo (100 minutos)							Segunda experiencia con los metales		¿Qué tipo de sustancias se están formando?	¿Es solo una o son varias sustancias las formadas?
	¿Qué creen que podría evitar los cambios en los diferentes metales?	Importancia de los medios en las transformaciones de los metales.								
3	Retroalimentación Comparemos las experiencias cuando el aire es limitado	Comparación entre el montaje expuesto al aire y el montaje con una barrera de contacto con el aire y los cambios asociados a la oxidación y corrosión.	Los estudiantes se reunirán por grupos de trabajo y realizarán las comparaciones entre los primeros montajes realizados y los segundos en torno a la influencia del oxígeno disuelto en el agua en contacto con los metales y las sustancias de los medios, ellos analizarán y explicarán el porqué de los cambios, las diferencias y los aspectos en común por medio de un video corto de no más de tres minutos que se visualizara en el próximo espacio de retroalimentación.	¿Qué sustancias creen que se han formado en los dos experimentos? Tengan en cuenta los cambios físicos.	Relación de las sustancias con la simbología química y las ecuaciones que se pueden formar.	Identificar las diferencias entre la formación de metales cuando se cambian las condiciones de los medios.				
	¿Qué diferencias y semejanzas se encuentran en los dos experimentos?									
Tiempo (45 minutos)	Segunda retroalimentación de los sucesos experimentales			¿Qué creen que podría evitar los cambios en los diferentes metales?	Importancia de los medios en las transformaciones de los metales.	Reconocer la importancia de las sustancias acuosas en la formación de otras sustancias derivadas de los metales				



3	<p>Debate sobre las causas de la oxidación y corrosión de los metales</p> <p>Tiempo (100 minutos)</p> <p>Tercera retroalimentación de los sucesos experimentales</p>	<p>Ejercicios de preguntas y respuestas por parte de los participantes, mediado por la docente y los conocimientos de los estudiantes desde las experiencias previas y las realizadas hasta el momento.</p>	<p>Por grupos de trabajo se observará cada video realizado por los grupos de estudiantes donde se exponen los puntos de diferencia y en común de los montajes experimentales hasta el momento. El objetivo será discutir y analizar las sustancias que influyen o generan los cambios en los metales y si se considera que son permanentes o no.</p>	<p>¿Qué puntos de vista comparten la mayoría de los participantes?</p> <p>¿Qué diferencia se resalta entre los metales al estar expuestos a sustancias diferentes y condiciones distintas?</p> <p>¿Se da proceso de oxidación o de corrosión en los metales en las diferentes experiencias?</p>	<p>Conceptos e ideas aprendidas, analizadas y estudiadas hasta el momento respecto a la oxidación y corrosión de los metales.</p>	<p>Compartir diferentes puntos de vista, opiniones, conclusiones y los aspectos relevantes identificados hasta el momento en las transformaciones de los metales.</p>	
	4	<p>El metal se desoxida</p> <p>Tiempo (45 minutos)</p> <p>Tercera experiencia con los metales</p>	<p>Montaje de electrolisis en el cual los metales utilizados en el primer montaje son limpiados o desoxidados a través de un paso de corriente.</p>	<p>Por medio de una guía de trabajo, Boyle les explicará a los estudiantes la importancia de la electroquímica para comprender la diferencia entre la oxidación y la corrosión de los metales. Los estudiantes realizarán un montaje experimental -explicado en la guía de trabajo y un video tutorial- donde por medio de un paso de corriente se puede observar si los metales presentaron cambios permanentes o superficiales, además de diferenciar las diferentes sustancias producto de las combinaciones entre los metales y las sustancias en cuestión.</p>	<p>¿Cuál es el metal más deteriorado y en que sustancia?</p> <p>¿Cuál es el metal que sufre menores cambios y en qué sustancia?</p> <p>¿Qué se visualiza en el proceso de electrolisis?</p> <p>¿Qué sucede con el electrodo de castigo o ánodo?</p>	<p>Montaje de electrolisis</p> <p>Esquema de un circuito que da paso a la oxidación y reducción de metales</p> <p>Concepciones sobre la reducción de los metales.</p>	<p>Construir un montaje de electrolisis para realizar la limpieza y desoxidación (reducción) de los metales.</p>
		<p>Construye tu Infografía</p> <p>Tiempo (145 minutos)</p> <p>Actividad final</p>	<p>Los estudiantes tendrán tiempo para construir y esquematizar una presentación a modo de infografía, con lo concluido a lo largo de las experiencias.</p>	<p>Por grupos de trabajo los estudiantes construirán una presentación a modo de infografía donde se pide explicar los principales cambios obtenidos experimentalmente en los montajes del hierro y el cobre, compararan las sustancias obtenidas, los colores y texturas para poderlos caracterizar con ayuda de referentes encontrados en fuentes digitales, además identificar si dichos cambios son permanentes o superficiales en los metales.</p>	<p>¿Qué aspectos consideran relevantes y tal vez o más importantes durante la experimentación?</p>	<p>Conocimientos adquiridos a través de las experiencias con metales. Caracterización de cada aspecto relevante en la transformación de los metales con el paso de tiempo.</p>	<p>Construir un material para exponer las diferentes situaciones, cambios, conclusiones y actividades realizadas a lo largo de la unidad.</p>

#### **4.1. Implementación De La Secuencia Didáctica**

El ejercicio de implementación en el aula tuvo una duración total de once horas distribuidas en ocho actividades en total; el grupo con el cual se realizó la intervención estaba conformado por veinte estudiantes de grado décimo de una institución de carácter privado de la ciudad de Bogotá, dicha implementación se realizó en la clase de Química con una intensidad horaria de cuatro horas semanales. Se trabajó con seis grupos de estudiantes, cuatro de ellos con tres integrantes y dos grupos de cuatro estudiantes.

Dentro de la organización de secuencia de actividades a modo de cuadernillo titulada “Los viajes de Boyle y Lavoisier” (anexo 6.1) se parte desde la noción de oxidación de objetos metálicos del diario vivir de los estudiantes relacionándolo con la oxidación de estatuas metálicas famosas, encontradas a nivel mundial.

Las siguientes actividades, se diseñaron de forma tal que se pudiera relacionar el efecto del ambiente en la oxidación diferenciando este proceso parcialmente del de corrosión, así mismo, se realizan una serie de variaciones en los experimentos con el fin de visibilizar el efecto de las sustancias gaseosas o gases disueltos en los procesos de oxidación y corrosión de los metales. En la última parte de cuadernillo de actividades, se plantea un procedimiento asociado a la electrolisis con metales, con el fin de observar cómo quedan al final los metales puestos en los experimentos uno y dos y así diferenciar si hubo un proceso de oxidación o de corrosión, además de caracterizar las sustancias resultantes del proceso.

Para diseñar la secuencia de actividades se parte del interés de que los estudiantes construyan sus propias explicaciones de lo sucedido en los experimentos y sus vivencias, para esto se complementa el desarrollo experimental con informes escritos elaborados por los estudiantes y espacios de debate y reflexión de cada experimento, en los que surgen interrogantes, ideas y se generan discusiones de lo sucedido.

## 4.2. Sistematización Y Análisis

De acuerdo con la implementación del cuadernillo y las actividades realizadas, se resaltan aspectos muy significativos en cuanto a la oxidación y corrosión y los cambios en los metales, por lo tanto, se establecen algunos aspectos de organización para sistematizar y criterios de los resultados de dicha sistematización para posteriormente realizar el análisis.

### 4.2.1. Sistematización Y Organización

De los resultados obtenidos en las actividades entregables de los distintos grupos de estudiantes se observaron varios puntos en común, reconociendo como importantes las explicaciones que derivan de la experimentación en cuanto a metales, medios y tiempo, la retroalimentación y socialización de los grupos y las construcciones sobre los fenómenos de oxidación y corrosión, dichos puntos se organizan en dos aspectos que se amplían a continuación:

- **Construcción de explicaciones “Cómo se transforman los metales y medios en función del tiempo”:** En este apartado se organiza la información que aportan los estudiantes en cuanto a cómo se transforman los metales y medios en función del tiempo, es decir los detalles que ellos tienen en cuenta, como las nuevas coloraciones, la identificación de nuevas sustancias, los cambios de color y viscosidad de los medios y los tiempos en que se demora en reaccionar los metales en comparación con otros y la cantidad de sustancia. Este aspecto se tiene en cuenta en todas las fases.
- **Comparación de resultados obtenidos “Contraste entre el montaje expuesto al aire y cuando este es limitado”:** En este punto se toman los resultados que se han obtenido de acuerdo a la construcción de explicaciones, que se mencionó previamente y se compara con experimentos en los cuales hay variables, es el caso por ejemplo de un experimento que se realiza en la fase 2 en el que se limita el aire, al adicionar una capa de aceite y los estudiantes realizaban comparaciones con experimentos en los que no se ha puesto dicha capa, en cuanto a cambios de

metales, medios y tiempo.

La sistematización con los aspectos mencionados de cada fase se presenta en las tablas que se encuentran como **anexo 6.2**.

#### **4.2.2. Análisis De Sistematización**

Seguido del proceso de sistematización de los resultados de implementación en el aula, se establecen dos criterios de análisis que las autoras consideran fundamentales, ya que son los que reúnen las explicaciones reiterativas de los estudiantes sobre los fenómenos de la oxidación y corrosión de los metales, en primer lugar se tiene en cuenta la interacción de los metales con los medios y el ambiente, en función del tiempo, ya que a medida que iban pasando los días se resaltaban y registraban cambios mayores en los metales o transformaciones en los mismos y un segundo aspecto a considerar es en torno a lo que los estudiantes entienden por oxidación o corrosión de los metales, la forma en que argumentan o diferencian estos dos fenómenos.

En este orden de ideas, a continuación, se analizará cada una de las fases de manera general, esto con base a los dos criterios de análisis establecidos.

##### **4.2.2.1. Interacción De Los Metales Con Los Medios Y Ambiente, En Función Del Tiempo**

- **Fase 1: Ahora es tu turno...**

En esta actividad se les pide a los estudiantes que busquen metales oxidados o corroídos de su entorno y busquen su composición, que expliquen los cambios observados con el paso del tiempo llevando un registro de estos. En la descripción de la actividad se relacionan algunas estatuas famosas oxidadas en diferentes partes del mundo para explicar que los metales sufren cambios o transformaciones en todo momento de forma “natural”.

Dentro de lo que los estudiantes explican se resalta el interés por determinar la composición de los metales, muchos de ellos resultan ser aleaciones de metales; así

mismo, el analizar los cambios que sufren los metales en condiciones ambientales con el paso del tiempo, los estudiantes identifican cambios considerables, que van desde un deterioro de las superficies de los mismos, rupturas o grietas, cambios de color y formación de capas de sustancias quebradizas sobre los objetos metálicos, que caracterizan como nuevas sustancias que se generaron a partir del metal.

En esta primera fase se relaciona al ambiente como factor de cambios de los objetos metálicos y a medida que avanza el tiempo se van produciendo mayores cambios.

- **Fase 2: Bienvenido a mi laboratorio**

Esta fase está organizada en tres actividades, una primera que es de tipo experimental donde se realizan tres montajes, cada uno lleva una solución acuosa distinta y se introducen los trozos de dos metales de interés, una segunda actividad donde se organizan los resultados y responden la serie de interrogantes orientadores en torno a los procesos de la oxidación y corrosión y un tercer momento en el que se exponen o socializan. De esta fase se resaltan varios de los comentarios y explicaciones de los estudiantes en torno a lo vivenciado.

De manera general los estudiantes logran identificar que dentro de los cambios que se están produciendo en el metal y los medios se generan nuevas sustancias en diferentes estados y con coloraciones distintas; se identifica que los medios van evaporándose a medida que se hacen visibles sustancias que no estaban al inicio. Los estudiantes, particularmente los de los grupos uno, dos y tres explican que el hierro sufre cambios más rápido que el cobre, argumentando que posiblemente es debido a la “capacidad que tiene cada metal para reaccionar”, en el que el hierro reacciona rápidamente con los medios, notándose mayores cambios con el hipoclorito de sodio y en cambio el cobre no reacciona aparentemente tan rápido como el otro metal.

En la segunda fase los estudiantes de los grupos dos y cuatro manifiestan que “seguramente las sustancias rojizas del hierro y las azules verdosas del cobre son sustancias oxidadas por la combinación del oxígeno y los componentes de los medios”. Aunque se habla de la transformación de los metales por interacción con los medios y la presencia del oxígeno atmosférico en función del tiempo, ya que, al analizar el

experimento durante quince días, no se habla aún de otras sustancias formadas. También, se observa que los metales sufren cambios en su superficie encontrando huequitos o hendiduras, además de líneas muy marcadas y en el caso del metal en el vinagre perdieron parte de sus extremos, como si se desgastaran de extremos a medios.

- **Fase 3: ¿El aire influye?**

La tercera fase comprende una actividad experimental, en la que se realizó el mismo montaje experimental de la fase dos, con una variación en la que se pone una capa de aceite de cocina y papel vinipel, limitando el contacto entre los metales que se encontraban sumergidos en los medios y el ambiente, limitando la concentración de oxígeno disuelto en los medios.

Se resaltan los cambios que se producen en torno a la transformación de metales, en los que se obtienen nuevas sustancias en diferentes estados y colores. Sustancias de tipo terrosas, con texturas distintas y colores diferentes, en el cobre las sustancias resultantes son de tonos verdosos y en el hierro entre rojizos y amarillos.

Dentro de la secuencia de actividades se contempla la caracterización de las sustancias obtenidas de la interacción de los metales, medios y ambiente, por tal razón los estudiantes identifican las siguientes sustancias tanto en los montajes del hierro como en los del cobre, a continuación, se presentan las observaciones generales realizadas por los seis grupos de estudiantes:

- Cobre: se identifica que se van formando sustancias verdosas en las tres soluciones o medios usados, estas sustancias tienen textura terrosa que podrían ser óxidos de cobre o hidróxidos de cobre, algunas precipitan, el cobre se cubre de pequeños cristales de color azul verdoso que se considerarían sustancias salinas. En el caso del contacto con el vinagre el cobre se “limpia” o pierde la capa protectora a tomar un tono rosa, además se liberan sustancias gaseosas en estos procesos.
- Hierro: los tonos que se observan en este metal están en torno a los amarillos y rojizos, los medios se tornan de los mismos tonos, en hipoclorito de sodio los tonos son más violetas. Se obtienen sustancias de textura terrosa, sobrenadantes en los medios rojizos y una liberación de burbujas en todos los montajes; se cubren

los trozos de metal totalmente creándose capas gruesas de lo que los estudiantes consideran óxidos e hidróxidos.

Un aspecto para resaltar es que en este montaje la formación de sustancias fue menor en comparación con el montaje de la segunda fase, los estudiantes de los grupos tres, cuatro y cinco explican que seguramente el aceite y el vinipel “crean una capa aislante entre los medios, los metales y el ambiente que reduce la posibilidad de combinarse y generar nuevas sustancias”. Además, los cambios se evidenciaron mucho después en comparación con los montajes de la fase dos.

- **Fase 4: El metal se desoxida**

La última fase se encontraba organizada en tres partes, un primer momento experimental donde los metales de los montajes uno y dos se sometieron a procesos de electrólisis, la segunda parte una organización de los resultados en tablas y una última parte que era el cierre de la implementación en la que se socializaba lo observado en la electrólisis de los metales, esto orientado por medio de una serie de intencionalidades e interrogantes del cuadernillo.

Los seis grupos de estudiantes identificaron que por medio de la electrólisis era posible obtener las sustancias que se formaron en los montajes uno y dos, explicaban que mientras el metal sin oxidar empieza a transformarse dando como productos las sustancias caracterizadas en los montajes de la fase tres, los metales que estaban oxidados sometidos durante un tiempo prolongado a los medios e interacción con el ambiente, empiezan a soltar o desprender esas sustancias que los cubrían lo que permite observar la superficie de los metales después de estar cierto tiempo en los medios así, ellos mencionan “claramente se notan más los cambios en los montajes con hierro ya que durante todos los montajes este tuvo más cambios, se nota la oxidación en el ánodo y el paso de la corrosión por el cátodo ya que se ve como pierde gran cantidad de el volumen "original" de la puntilla, mientras que en el cobre se nota todo lo anterior dicho en menor medida”.

En este orden de ideas, los trozos de hierro terminan con cambios permanentes en la superficie e incluso son más delgados, se visibilizan hendiduras y deterioro de los extremos; los trozos de cobre, aunque es llamativa la formación de cristales en su superficie y las sustancias de colores azul verdosas, no sufre tantos cambios ni en el montaje dos o tres, ni en la electrolisis, se observan cambios de color del medio a verdoso, el cobre toma un color rosa pálido, pero al retirarse de la electrolisis y lijar puede tomar los colores y características que tenía al inicio, el principal cambio está asociado a la pérdida de tenacidad y grosor de este.

Para todas las fases en general en cuanto a interacción de los metales con los medios en función del tiempo, se resalta que tanto los estudiantes como las autoras del documento, construyen una serie de explicaciones de lo visible en las transformaciones de las sustancias implicadas, resaltando aspectos muy marcados como los cambios de color, el estado de las nuevas sustancias generadas (precipitados, gases, capas que recubre, entre otros), cambios de texturas, aumento de peso de los montajes y la disminución de los medios usados; identificando que el fenómeno de la oxidación y la corrosión implica cambios físicos que se enlazan con cambios químicos o la formación de nuevas sustancias.

En este orden de ideas, tanto estudiantes como docentes, asocian a la oxidación con interacciones o combinaciones de los metales con sustancias como el oxígeno disuelto en los medios o del aire o de los iones cloruro en las soluciones, donde a menor concentración de estas sustancias, mayores cambios en función del tiempo se obtendrán, los estudiantes comprenden lo dicho con anterioridad pues en sus explicaciones del experimento cinco, donde se intenta aislar el montaje del aire o las sustancias gaseosas solubles en agua ellos mencionan “Al estar expuesto al aire se tardó menos en cambiar su color y textura, la sustancia formada es óxido pero no en su totalidad ya que de alguna manera el aceite y la falta de aire impiden su oxidación” lo que indica que no solo están pensando en los cambios del metal sino en la interacción de estos con los medios y el aire.

Se resaltan también, la insistencia en observar los cambios generados en las superficies de los metales debido a que desde el principio se hizo una diferenciación



teniendo en cuenta la naturaleza de los mismos y organizando los metales de tal forma que se trabajara con aquel metal que mayores e igualmente el que menores cambios presentó, en este punto se asume que los metales reaccionan o se transforman en sustancias diferentes y de forma diferente, por esto, se explicaba que los cambios en la superficie del hierro siempre fue más uniforme, en cambio en el cobre era sectorizada o por partes, además que las sustancias nuevas formadas no tenían las mismas características comparando los dos metales, en realidad los participantes del trabajo de grado insisten en separar los metales por las sustancias generadas por ser tan diferentes unas de otras.

La concentración de gases disueltos y de los solutos en los medios establecidos, así mismo la electrolisis sirvieron como aceleradores de las reacciones, para los estudiantes “La electrólisis fue como un proceso donde se puede oxidar y a la vez desoxidar los metales, algo a resaltar es que uno se demora poco tiempo oxidando los metales, comparándolo con los montajes realizados en clase”. Se tiene en cuenta también que, tanto la electricidad como el oxígeno disuelto, son factores que pueden influir en la transformación de las sustancias en función de un factor que se resalta durante el análisis de todos los procesos experimentales: el tiempo. De hecho los estudiantes también consideran este factor sumamente importante, esto expresado a través de frases como “se puede apreciar que cuando entra oxígeno el cambio es mayor y más rápido, cambiando su coloración y tamaño a diferencia de cuando entra poco o nada de oxígeno, aquí se demora más el proceso”, lo cual explica que para ellos las transformaciones se dan en función del tiempo y que sustancias aislantes impiden en gran medida la formación de nuevas sustancias y los metales no se oxidarán tan rápido.

Un aspecto a mejorar o tomado como limitación de las fases de implementación centrando en la interacción de las sustancias, está relacionado con el análisis de las demás sustancias gaseosas que interactúan en los montajes experimentalmente, debido a que el trabajo de grado se realizó e implemento en tiempos de pandemia, tanto docentes y estudiantes no contaban con instrumentos o materiales que les permitiera identificar, caracterizar o profundizar en el análisis de las sustancias implicadas en la transformación de las sustancias. Además, se propone que este trabajo de grado podría ampliarse al crear un instrumento que permita establecer parámetros o puntos de

referencia o medida entre los metales que se transforman y las nuevas sustancias obtenidas, para robustecer el alcance fenomenológico.

#### **4.2.2.2. Diferenciación entre oxidación y corrosión**

- **Fase 1: Ahora es tu turno...**

Al seleccionar metales de distintos materiales, todos tienen características diferentes, pero con el paso del tiempo, los estudiantes indican que la mayoría de objetos están de un color más oscuro, asociado a suciedad, sin embargo algunos aclaran que puede ser óxido del metal, pues cuando toman el objeto, este suelta un polvo naranja o café como en el caso de materiales como hierro y acero, también hacen mención en que metales como el cobre y bronce pierden dureza y grosor, además se opacan, presentan rayas o quebraduras y un olor fuerte.

En esta actividad los estudiantes no realizan distinciones entre la oxidación de la corrosión, toda gira en torno a el término óxido u oxidación, seguramente esto es debido al lenguaje cotidiano que se utiliza en este contexto, los estudiantes tienen en cuenta que las estructuras, artefactos, utensilios u objetos de cualquier metal cambian en función del tiempo y de las condiciones del entorno.

- **Fase 2: Bienvenido a mi laboratorio**

Los seis grupos de estudiantes logran identificar que dentro de los cambios que se están produciendo en el metal y los medios, existen nuevas sustancias que probablemente están involucradas con el oxígeno, los colores han sido indicio para identificar qué está sucediendo algo en cada montaje experimental, indican que los líquidos se van evaporando con el paso del tiempo y asocian algunos cambios en los metales con procesos de descomposición, se enfocan principalmente en los medios. Lo que les ocurre a los metales es caracterizado como óxidos y otras nuevas sustancias.

Los colores son muy llamativos para ellos especialmente de las nuevas sustancias, estas son denominadas sustancias terrosas, en el hierro son entre naranjas y rojizas,

mientras que en el cobre coloraciones verde, naranja y gris. Mencionan que después del experimento las superficies del hierro ya no son lisas, sino que son ásperas y rugosas, asociadas al deterioro, pero no involucran la palabra corrosión.

No consideran que todo es óxido, sino que pueden interferir otros factores como la suciedad del ambiente o los microorganismos, comprenden que con el paso del tiempo los metales y los medios cambian, además de ser detallados con la observación del desgaste de los metales en los extremos y la aparición de puntitos o “sustancias terrosas” en el fondo y superficie del recipiente.

- **Fase 3: ¿El aire influye?**

Los estudiantes logran identificar grandes diferencias en la comparación de los montajes, en primer lugar, las nuevas sustancias son asociadas con sales del metal o con óxidos, teniendo en cuenta las composiciones de los distintos medios y afirman que pueden ser óxidos o cloruros de hierro y cobre. Se destacaban las observaciones de los tres primeros grupos donde lograban construir explicaciones a partir de lo observado y trabajado con los montajes y empiezan a asociar la oxidación con formación de óxidos de los metales que normalmente son de colores oscuros ( $\text{FeO}$ ,  $\text{CuO}$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Cu}_2\text{O}$  etc.) y otras sustancias como sales o hidróxidos de coloraciones llamativas como posibles causantes de la corrosión. También indicaron que el hecho de que no se expongan al aire los montajes reduce los efectos de transformación de los metales, dejando al aceite como un protector ante la formación de nuevas sustancias.

Los estudiantes de los grupos uno, tres, cuatro y seis, usaban el término corrosión para referirse a un proceso que sucede después de que se han oxidado los metales, es decir que se ha formado una sustancia inicial, y que destruye o afecta drásticamente el metal, incluso mencionan que como el paso de aire es limitado en los montajes, es probable que las sustancias no sean óxidos sino sales o hidróxidos debido a las coloraciones.

Finalmente, los seis grupos de estudiantes dicen que los metales con el paso del tiempo perdieron un poco de su tamaño, sufrieron cambios en la superficie como

“huequitos o mordisquitos”, que asociaron a cambios irreversibles en los metales además de perder trozos de metal en los extremos, indicando así que el metal se corroe.

- **Fase 4: El metal se desoxida**

Los estudiantes de los seis grupos identifican que se producen los procesos de oxidación y corrosión, a las sustancias que se formaron en los montajes 1 y 2 les denominan óxidos, sales e hidróxidos, por lo tanto, después de la desoxidación hacen mención en que los metales cambiaron significativamente, pues en la cabeza y en la punta de la puntilla o los tornillos se observaron huecos y partes pequeñas faltantes, por lo tanto concluyen que los cambios severos como partes faltantes son producto de la corrosión y alteran la estructura del metal y otros cambios menos relevantes son formaciones de óxidos, indicando así que en el caso del cobre la oxidación pudo haberse producido en todos los casos y la corrosión solo se evidenció en algunos casos cuando en el metal se observaron cambios de grosor o la aparición de orificios, estrías o fisuras.

Para todos los estudiantes fue de gran interés detallar el proceso de oxidación de los metales por electrólisis, resaltando que en el proceso mientras un metal se oxida o transforma (es decir, que el metal se cubra de sustancias de colores diferentes) el otro metal se limpia, encontraban que este proceso es una alternativa para limpiar el metal de las sustancias que pudieran haberse generado con el paso del tiempo. Por lo tanto, explican que se dan procesos de oxidación por formación de sustancias como óxidos, pero la corrosión se asocia con lo que no se puede reparar o remediar como la pérdida de grosor en los extremos de los metales.

En todas las fases en general, con base en la diferenciación entre oxidación y corrosión, los estudiantes y las docentes logran entender que desde que el metal es expuesto al aire, empieza a tener cambios que se asocian a formación de óxidos, por la combinación del metal con el oxígeno atmosférico, sin embargo se hace evidente que si el metal no es sumergido o expuesto a ningún tipo de condición diferente al aire, se conservara y se transformara muy poco, sin embargo como en el ambiente siempre hay factores diferentes al aire, los metales terminan transformándose y generando nuevas sustancias derivadas de las combinaciones. En el caso del hierro las transformaciones

son más evidentes que en el cobre, pues desde el contacto con el aire, el metal se cubre con una capa negra (posiblemente óxido de hierro), luego, al ser sumergido en alguna solución o estar expuesto a un lugar húmedo se evidencia una sustancia naranja (posiblemente hidróxido de hierro o sal), este proceso es varias veces detallado en estos experimentos porque en todas las soluciones y ambientes húmedos estas dos sustancias se hacen evidentes, sin embargo la primera, de color negro, parece no afectar el metal y la segunda de color naranja oscuro parece destruirlo lentamente, es así como se entiende que los óxidos de hierro no se asocian a corrosión porque no destruyen o deterioran el metal, mientras que otras sustancias, como hidróxido o sal, que si lo afectan drásticamente estarían deteriorando el metal haciendo que este no vuelva a tener su aspecto inicial, lo que es considerado como cambio irreversible, ya que pequeñas partes o algunas superficies que se caen del metal se transforman completamente.

En el mismo sentido, en el cobre también se forma una capa de color negro al contacto con el aire o con ambientes húmedos, sin embargo este es menos evidente ya que es una capa delgada casi imperceptible y que no afecta el metal, es por esto que dicha capa es asociada con óxido de cobre, el cobre está oxidado pero no pierde propiedades ni características, por otro lado las sustancias de color verde azul o azul claro, son nuevas sustancias diferentes a óxidos como hidróxidos o sales de cobre que afectan al metal y por lo tanto se consideran corrosivas al quebrar y fisurar el metal, haciendo que pierda delgadez, en este orden de ideas el metal oxidado o con formación de óxidos no se ve afectado pero al formarse otras sustancias este se destruye paulatinamente y termina delgado y deteriorado, situación que comprueba la corrosión del cobre, lo que se relaciona con algunos de los comentarios de los estudiantes frente a las actividades donde argumentaban que “los metales al combinarse forman capas de colores, en el cobre se ven de colores verdosos o blancas y las capas más profundas o cerca al metal de color negro, posiblemente es por las otras sustancias diferentes que no son óxidos, como los hidróxidos y las sales”.

Sería inevitable tener los metales no oxidados, ya que el oxígeno del aire siempre está presente transformando las sustancias, entonces lo que se sumerge en las disoluciones en todos los experimentos es probablemente el metal oxidado, con una ligera capa de óxido en su superficie (por que los metales siempre se lijan), lo cual indica

que las otras sustancias que deterioran el metal y que son de coloraciones llamativas son sustancias diferentes a óxidos y que corroen los materiales hasta el punto de transformarlos completamente con el paso del tiempo, lo cual se puso en discusión con la actividad experimental denominada *“El aire es limitado”* donde los estudiantes concluían que “cuando los metales están más expuestos al aire, más cambios y sustancias nuevas van a formarse, es como si el oxígeno del aire se combinara con los metales e hiciera que se dieran varias reacciones continuas y esos metales que ya estaban oxidados son los que más cambian”, tomando el argumento anterior se entiende que los estudiantes relacionan a los gases específicamente el oxígeno como un factor de cambios de los metales por las posibles combinaciones que se pueden presentar entre las sustancias por sus interacciones.

En cuanto a los aportes que se destacan de los estudiantes en el desarrollo e implementación de la secuencia de actividades para el trabajo de grado, se resalta la diferenciación que hacen entre la oxidación y la corrosión, para esto, se toman algunas citas textuales de los documentos escritos que entregaron donde construyen explicaciones en torno a los fenómenos de estudio, que permite visibilizar el alcance de la secuencia de actividades y la intencionalidad de cada actividad. Se recalcan frases como “la parte superior de los metales tuvo varios cambios como colores degradados, en el caso del hierro se desgastaron, les salieron huequitos y manchas por lo tanto llegó a corroerse, en cambio el cobre no sufre muchos cambios, es como más resistente comparándolo con el hierro”, estableciendo así que no todos los metales reaccionan de la misma manera, sino que por su propia naturaleza tienden a transformarse debido a la interacción con otras sustancias, además que los metales llegaron a corroerse por presentar cambios permanentes.

Otra frase a destacar en la cual los estudiantes no solo tuvieron en cuenta los cambios en los metales sino que hacen relevancia en el tiempo de transformación de los metales y los medios es la siguiente “en la electrólisis del hierro, el tiempo fue aproximado de 1 hora ayudando con una espátula en la remoción del óxido y otras sustancias, en cambio en el cobre fue demorado el proceso, fue como de 3 horas, consideramos que mientras un metal se oxidaba el otro se corroía, de pronto por este método nos hubiéramos ahorrado el mes que estuvimos realizando montajes de oxidación y

corrosión de los metales” debido a esto los estudiantes identificaron las intencionalidades de los experimentos en especial en la electrólisis, pues dichos experimentos iban en torno a identificar las características de la oxidación y corrosión de los metales en contacto con diferentes medios y así construir explicaciones (esto en los primeros cinco experimentos), con la electrólisis (sexto experimento) fue posible para los estudiantes reconocer que los metales pueden oxidarse, corroerse y desoxidarse en menor tiempo cuando se involucra la electricidad, contribuyendo así en la formalización de sus argumentos sobre los fenómenos de oxidación y corrosión.

### **4.3. Reflexión final de la implementación**

En cuanto a los aportes de la implementación al trabajo de grado y el planteamiento de tesis, se rescatan las conclusiones que se han derivado del desarrollo de actividades en las cuales se hace explícito que la enseñanza de los fenómenos de oxidación y corrosión pueden ser abordados desde prácticas experimentales, fortaleciendo la construcción de explicaciones de dichos fenómenos con los cambios encontrados día a día en los experimentos. Es importante resaltar que la experimentación con estos y otros fenómenos puede ser analizados en función de la construcción de explicaciones no solo partiendo de ecuaciones matemáticas sino desde un experimento que en un principio parecer ser simple pero que se va complejizando en la medida que los estudiantes logran asociar sus conocimientos iniciales y los nuevos.

Por otro lado, se hizo imprescindible para las autoras de este documento haber realizado la construcción histórica y los montajes experimentales iniciales, pues con estos dos componentes se lograron construir explicaciones de los fenómenos de oxidación y corrosión, (por parte de las autoras) lo que derivó las modificaciones y correcciones a los montajes para finalmente llevarlos al aula y analizarlos con los estudiantes. Ahora bien, aunque en la mayoría de las actividades los estudiantes lograron comprender la intencionalidad y desarrollarla, es importante mencionar que no en todos los casos las concepciones sobre oxidación, corrosión y su diferenciación se hizo evidente, por lo tanto, se reconoce que habría que realizar otros procesos experimentales que involucren una relación con las representaciones simbólicas que

permitan ampliar la visión y realizar otras relaciones en cuanto a la transformación de las sustancias.



## **5. REFLEXIONES Y CONSIDERACIONES FINALES DE LA PROPUESTA**

Desde el inicio de este documento se ha hablado de la relación que se tiene entre la historia y el experimento en el camino para la comprensión, por parte de las autoras, sobre los fenómenos de oxidación y corrosión. En este punto se hacen explícitas algunas de las cuestiones que se han desarrollado y derivado del documento para la construcción de explicaciones sobre la distinción entre la oxidación y corrosión, la transformación de las sustancias y formación de unas nuevas y el papel del experimento en dicha construcción de explicaciones.

### **5.1. Reflexiones finales construidas a partir de la relación histórica experimental y la implementación de la secuencia didáctica**

Inicialmente se tiene en cuenta que el trabajo de revisión histórica especialmente sobre los trabajos de Boyle y Lavoisier, orientaron en gran medida la construcción de los montajes experimentales y las explicaciones sobre los fenómenos de oxidación y corrosión de las autoras, estas actividades fueron base para realizar comparaciones y análisis de las características de las sustancias que se iban generando a partir de la interacción de los metales con los medios y el ambiente en busca de comprender el fenómeno de la oxidación y de la corrosión de los metales. Aunque Boyle realizaba otro tipo de experimentos, su libro sobre los colores aportó ideas sobre las sustancias a utilizar como soluciones para observar y analizar las transformaciones en los metales, sin mencionar los estudios en torno a la naturaleza de los metales vistos desde tiempos de la misma alquimia y los posteriores estudios en torno a la transformación de las sustancias, donde se argumentaba en términos de interacciones, combinaciones y nuevas sustancias, como lo realizado por Lavoisier en sus tablas de afinidad. Por tal razón la lectura y el análisis de este tipo de textos hace que las autoras se cuestionen y comprendan el fundamento de varios de los postulados de los referentes históricos estudiados, por ende, la revisión histórica fue un elemento clave para comprender y ampliar los argumentos propios, para construir explicaciones, pero también para cuestionar lo relacionado con el fenómeno, que cambia evidentemente dependiendo de la postura o pensamiento de quien lo analice.

Las variaciones en los montajes aportaron a los resultados obtenidos, pues gracias al ejercicio riguroso por parte de las autoras se lograron identificar las sustancias producidas no solo por las coloraciones sino por otras características y pruebas que se realizaron. A partir de los resultados y el análisis de los experimentos se logró establecer la distinción o similitud que tienen los dos fenómenos, pues se comprende que no están desligados, son procesos diferentes pero uno se deriva del otro, entendiendo la oxidación como la formación de una sustancia inicial “inevitable” de formarse, debido al oxígeno presente en el aire del ambiente y en las sustancias acuosas y su efecto sobre el metal (es decir formación de óxidos del metal) y la corrosión como el deterioro del metal al interaccionar con otras sustancias (como las disoluciones) y transformarse en nuevas sustancias diferentes al óxido inicial, que tienen características de sales e hidróxidos del metal.

Las mencionadas distinciones y características, también orientaron el proceso de implementación, pues gracias a los experimentos previos se pudo construir el material con el que se abordaron dichos fenómenos con los estudiantes y con el cual lograron entender en gran medida la distinción entre la oxidación y corrosión y la relación con la formación de nuevas sustancias y transformación de los metales por medio de experiencias sensibles que les ayudó en sus propias construcciones de las explicaciones sobre el comportamiento de estas sustancias.

Una situación relevante en este apartado es la forma en que se construyen y se analizan los fenómenos de oxidación y corrosión, pues se tiene en cuenta que en clases de química estos fenómenos son abordados desde aspectos matemáticos o simbólicos donde los electrones viajan de un átomo a otro, sin tener en cuenta la experiencia o las vivencias de los estudiantes lo que probablemente limita la comprensión de estos fenómenos, es por ello que el trabajo que se presenta en este documento, que involucra la construcción y comprensión de la transformación de las sustancias a través de montajes experimentales puede ser un complemento a las explicaciones simbólicas, pues involucra a los estudiantes y las significaciones que ellos construyen a partir de la experiencia con metales, su transformación y formación de nuevas sustancias cuando interaccionan con diferentes sustancias.

## **5.2. Papel del experimento en la construcción de explicaciones argumentativas sobre la transformación de las sustancias**

Un punto significativo en el presente trabajo de grado es el papel del experimento y la experiencia en la construcción de significados y explicaciones en torno a los fenómenos de la oxidación y la corrosión, no solo en estudiantes, sino para las docentes también.

Como se ha mencionado desde el inicio de este documento, la problemática y tesis están centradas en torno a la explicación en el aula de lo que se comprende como oxidación y corrosión donde se hace común hablar en términos de transferencias de electrones para explicar cuando una sustancia se reduce o se oxida, pero no se profundiza en lo visible de los fenómenos ni se asocia con la formación de nuevas sustancias.

Por tal razón, se concluye que es posible construir explicaciones en el aula de clases de la oxidación y de la corrosión desde prácticas experimentales y así mismo, realizar una distinción entre un fenómeno y el otro. El experimento en este caso, es una herramienta significativa en el aula, que establece un vínculo entre aspectos teóricos, simbólicos y experimentaciones, que generan significados y formalizaciones hacia las explicaciones de los individuos frente al fenómeno. En este punto no se puede asegurar que todos los estudiantes comprenden perfectamente la diferencia entre el fenómeno de la oxidación y de la corrosión, pero si se puede asegurar que todos los participantes pueden relacionar los fenómenos con transformaciones de las sustancias implicadas en todos los procesos, donde unas variables afectan como el oxígeno disuelto y la concentración de los solutos en los medios, además de la humedad y la temperatura ambiente; también que cuando una sustancia se transforma produce unas nuevas que pueden encontrarse en distintos estados de agregación, es decir, pueden encontrarse como gases, como precipitados, adheridas como sólidos a las superficies o ser líquidas también o encontrarse acuosas, mostrando cambios de color, textura, olor, entre otros aspectos, que involucran cambios en la superficie de los metales al punto de generar cambios reversibles o irreversibles como en la corrosión, todo esto gracias al papel que jugó el experimento en cada una de las experiencias de la implementación, donde tanto

docentes como estudiantes participaron activamente, observaban, medían, se cuestionaban e iban formalizando sus explicaciones, que cada vez eran más fundamentadas en aspectos experimentales y vivenciales.

En este orden de ideas, el abordar un fenómeno en el aula desde las revisiones históricas y experimentaciones, posibilita relacionar conceptos, términos e incluso otros fenómenos para analizar a profundidad lo que se quiere estudiar y comprender, a medida que se avanza en el estudio de un fenómeno de interés se profundiza y se van enlazando construcciones conceptuales del individuo.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Boyle, R. (1664). *The beginning of an experimental History of colour*. Obtenido de <https://web.csulb.edu/~percept/rboyle.html>
- Díaz, I. (2008). Protección catódica de un Buque. *Universidad de Cádiz*, 9.
- Furió, C., & Padilla, K. (2003). La evolución histórica de los conceptos científicos como prerrequisito para comprender su significado actual: el caso de la "cantidad de sustancia" y "el de mol". *Didáctica de las ciencias experimentales y sociales.*, 55-74.
- Galache, M., Rodriguez, A., & Camacho, E. (1991). Origen Histórico del Término Ion. *Historia y epistemología de las ciencias*.
- Gasqué, L. (2007). Oxidación de los metales y propiedades periodicas. *Didactica de la química*, 289-294.
- Gutierrez, A. (2002). Química de todos los días: un mundo de Óxidos. *Acta Universitaria*, 29-40.
- Heredia Avalos, S. (2011). Experiencias sobre corrosión en metales de uso cotidiano. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, vol. 8, noviembre, 466-475.
- Lavoisier, A. (1774). Memoria sobre la calcinación del metal del estaño en vaso cerrado y sobre la causa del aumento de peso que este metal experimenta durante la operación. En A. Lavoisier, *Traité Élémentaire de Chimie* (págs. 57-79). Madrid: Madrid en la imprenta real.
- Lavoisier, A. (1798). *Tratado elemental de la química: Baxo un nuevo orden*. Madrid: Imprenta Real.
- Orduna, L., & Morrás, J. (2013). Ver para creer: Un enfoque en el aprendizaje de los procesos REDOX. *IX Congreso internacional sobre investigación*, (págs. 1778-1783). Girona.
- Sánchez A., & Torres W. J. (2016). Descripción de las manifestaciones de

experiencia basadas en la percepción del fenómeno de la corrosión química. *Maestría en Docencia de la Química, Universidad Pedagógica Nacional* , 61.

- Sandoval, S., Ayala , M., Malagón, J., & Tarazona, L. (2006). El experimento en enseñanza de las ciencias como una forma de organizar y ampliar la experiencia. *Ponencia presentada al III Congreso Nacional de Enseñanza de la Física*, 3.
- Santemeses, M. J. (2002). ¿Artificio o naturaleza? Experimentos en historia de la Biología. *Theoría - Segunda época* , 269.

## 6. ANEXOS

### 6.1. Cuadernillo “Los viajes de Boyle y Lavoisier”

#### Anexo 1. Cuadernillo “Los viajes de Boyle y Lavoisier”



1



2



3



4



5



6



7



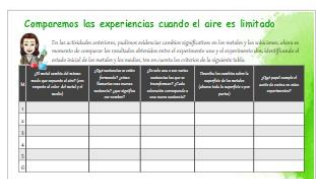
8



9



10



11



12



13



14



15



16



17



18



19



# Los viajes de Boyle y Lavoisier





# Invitación...

Hola! Mi nombre es Boyle



¿Te has preguntado, si una estatua metálica cambia de color con el tiempo?  
¿Sabes qué color tenía la estatua de la libertad cuando la fabricaron y sabes que color tiene ahora?

Si eres una persona curiosa como nosotros, seguramente te lo habrás preguntado. He invertido parte de mi vida junto a mi amigo Lavoisier en tratar de comprender cómo se transforman las sustancias, principalmente los metales, ya que la mayoría de los objetos que usamos a diario están constituidos de estos materiales y hemos identificado que tienen cambios al paso del tiempo.

La presente carta es para invitarte a una serie de actividades con el fin de ir descubriendo las transformaciones de los metales y la razón de los cambios en las estatuas. Quisiera que nos acompañaras en esta aventura, te prometo que no te aburrirás en nuestro viaje.

... y yo soy Lavoisier



## Iniciemos nuestro viaje



En nuestro viaje por el mundo fuimos descubriendo que las estatuas que están expuestas a condiciones ambientales (agua lluvia, aire, radiación, contaminación, entre otros), después de cierto tiempo tenían coloraciones diferentes, se sentían diferente y hasta tenían un olor distinto, el cambio era tan drástico que hasta se caían trozos pequeños de las estatuas como si se desmoronaran. Esto nos causo gran curiosidad, por qué los metales de los que estaban hechas estas estatuas parecían muy duros y resistentes.

Uno de los casos que nos causó sorpresa fue saber que la torre Eiffel ubicada en París-Francia inicialmente se veía de color grisáceo al ser de hierro, pero después de varios años cambió su tonalidad a una de color rojizo. Un segundo caso que también resultó interesante fue el de la estatua de la Libertad, localizada en New York-Estados Unidos, pues esta tomó una coloración verde azulado, después de haber sido rojiza. Por último, no menos importante, cabe mencionar lo encontrado en nuestro país, específicamente en Medellín - Colombia, donde pudimos apreciar las maravillosas obras de Botero, llamadas "Las gordas de botero", las cuales al principio eran de color café claro pero ahora son de color café oscuro con manchas singulares.



## Ahora es tu turno...



Cómo pudiste apreciar, a través de nuestros viajes identificamos cambios en las estructuras metálicas expuestas a condiciones ambientales, ahora es tu turno de comprobar si sucede lo mismo en nuestro entorno, para ello puedes realizar lo siguiente:

- Escoge diferentes objetos metálicos, que estén en tu casa o alrededores.
- Analiza qué sucede en cada uno de esos objetos, ¿Han cambiado de color con el tiempo?
- Clasifica los objetos metálicos, dependiendo de su composición. (Indaga en internet)
- Completa la siguiente tabla con lo que has descubierto:



Objeto - Composición	Características	Compara los cambios en el tiempo	Representación Gráfica





# Bienvenido a mi laboratorio

Teniendo en cuenta las actividades anteriores, los invitamos ahora a comprobar lo que nosotros observamos cuando analizamos el porqué de los cambios en las estatuas de diferentes metales. Para esto necesitarás los siguientes materiales (Materiales individuales):

- Puntilla de hierro
- Un trozo de cable de cobre pelado de tamaño 5cm
- Un trozo de papel lija de 80
- 2 Vasos desechables transparentes
- Hipoclorito de sodio
- Vinagre blanco
- Agua de botella
- Agua de repollo morado
- Balanza

**Nota: Pesar todo los metales antes de realizar cualquier experimento y comprobar el pH de la solución**



**Sumergir la puntilla o cobre en las soluciones**



## Muéstranos tus resultados

**Criterios de Observación:** Transformación de los metales y los medios en cada montaje (Tener en cuenta el antes y después del color, textura, olor, cantidad, forma, burbujas, condiciones ambientales y uniformidad de los cambios)



## iii Comparemos resultados!!!



En las actividades anteriores, pudimos evidenciar cambios significativos en los metales y las soluciones al estar expuestas a las mismas condiciones, (temperatura, humedad, luminosidad, etc.) ahora es momento de comparar estos resultados en el grupo de trabajo y construir explicaciones de lo sucedido en cada montaje o situación, identificando el estado inicial de los metales y los medios contrastándolo con el estado actual, ten en cuenta los criterios de la siguiente tabla.

En grupos de trabajo, completar la siguiente tabla con sus resultados. Luego, realizar una diapositiva para mostrar, socializar y comparar en clase.

M	¿Qué transformaciones sufrió el metal?	¿Qué transformaciones sufrieron los medios?	¿Hay nuevas sustancias? ¿Cómo se pueden identificar?	Describe los cambios sobre la superficie de los metales	¿Cuándo aparecen los primeros cambios?	Registro fotográfico
1						
2						
3						
4						
5						
6						



## ¿El aire influye?

En nuestro viaje por New York y la visita por la estatua de la libertad, pudimos observar que esta tenía un color hermoso verde-azulado, sin embargo al frotar un poco esta sustancia se quedaba en las manos y de hecho debajo de esta sustancia parecía que el metal seguía de color naranja, característico del material del que está hecho (cobre). Esto nos causó gran intriga pues esta sustancia parecía pintura. Así, que estuvimos observando detenidamente cada parte de la estatua e identificamos que en lugares oscuros con poca entrada de **aire**, no había presencia de dicha sustancia verde-azul. Entonces pensamos que el aire podía estar afectando la superficie de la estatua y transformándola en esa nueva sustancia. Para comprobar nuestra hipótesis sobre el aire y su influencia decidimos detallar que sucedía al paso del tiempo.

Después de dos semanas pudimos comprender que el aire estaba influyendo en los cambios antes mencionados, pero como la estatua está expuesta a ambientes húmedos como la lluvia, esta también podría estar afectando, como se ha mencionado anteriormente tenemos presente que las estatuas están siempre expuestas a condiciones ambientales y a sus variación. Por lo tanto, para corroborar esta situación te proponemos una experiencia de comprobación y comparación entre las estatuas y nuestros metales de estudio de la primera experiencia, teniendo en cuenta la hipótesis que tenemos junto con Lavoisier acerca de los cambios en las estatuas metálicas debido al efecto del agua y el aire.



# Efecto del aire en la oxidación de los metales



## Materiales individuales :

- Un trozo de cable de cobre pelado de tamaño (5cm)
- Un trozo de papel lija de 80
- 2 Vasos desechables transparentes
- Hipoclorito de sodio
- Vinagre blanco
- Agua de botella hervida
- Balanza
- Aceite
- Papel vinipel
- Puntilla de hierro

Cómo te imaginarás, en este apartado realizaremos un nuevo experimento, pero esta vez está dedicado al efecto del aire y lo que puede suceder cuando este es limitado en un montaje de transformaciones de metales en diferentes medios. Para esto necesitamos que realicen los mismos montajes experimentales de la primera experiencia, pero vamos a realizar algunas variaciones.

1. Debes usar agua de botella hervida, fría y procurar que el recipiente donde se hierva el agua esté cerrado en todo momento, incluso cuando se esté enfriando.
2. Cuando agreguen el agua a los recipientes donde van a depositar los medios y los metales, debe procurarse que el agua tenga el mínimo contacto posible con el aire. Para esto es importante que antes de agregar el agua, los metales estén dentro de los recipientes.
3. Después de agregar el agua, agregar una capa de aceite de 1 cm de alto y tapar los recipientes con papel vinipel.
4. Escriban los cambios y observaciones que suceden a diario y compárelos con los montajes del primer experimento.



## Muéstranos tus resultados

**Criterios de Observación:** Poner una foto de cada montaje en los días 1, 4 y 7, y comparar los dos montajes según lo obtenido (montaje 1 y montaje 2 en los mismos días) con respecto a los cambios del color, textura, olor, forma, burbujas, condiciones ambientales y uniformidad de los cambios).

## Comparemos las experiencias cuando el aire es limitado



En las actividades anteriores, pudimos evidenciar cambios significativos en los metales y las soluciones, ahora es momento de comparar los resultados obtenidos entre el experimento uno y el experimento dos, identificando el estado inicial de los metales y los medios, ten en cuenta los criterios de la siguiente tabla.

M	¿El metal cambia del mismo modo que expuesto al aire? (con respecto al color del metal y el medio)	¿Qué sustancias se están formando? ¿cómo llamarías esas nuevas sustancias? ¿que significa ese nombre?	¿Es solo una o son varias sustancias las que se transforman? ¿Cada coloración corresponde a una nueva sustancia?	Describe los cambios sobre la superficie de los metales (abarca toda la superficie o por partes)	¿Qué papel cumple el aceite de cocina en estos experimentos?
1					
2					
3					
4					
5					
6					

# Debate



Para esta sesión, queremos generar un espacio de socialización y debate de las observaciones y conclusiones generadas por cada grupo, en torno a los experimentos y las siguientes preguntas (antes de continuar, lean las reglas del debate):

¿Qué puntos de vista comparten la mayoría de los participantes? **Solo para el moderador**

¿Qué sustancias creen que se han formado en los dos experimentos? Tengan en cuenta los cambios físicos

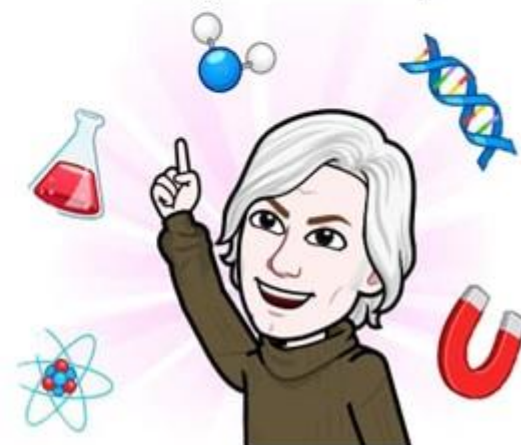
¿Hay un proceso de oxidación o de corrosión en los metales en las diferentes experiencias?

¿Qué diferencias y semejanzas resaltan entre los cambios de los metales, al estar expuestos a sustancias y condiciones diferentes?

¿Qué sustancias o condiciones podrían evitar los cambios en los diferentes metales?

## Reglas

1. Cada pregunta tiene dos grupos moderadores
2. Un grupo se encarga de la conclusión final (total)
3. Cada grupo tendrá un líder
4. Cada grupo tendrá 40 segundos para responder cada pregunta
5. Solo habla un persona por turno
6. Todos los miembros deben participar (quien no participe no tiene nota)





## ¿El metal se desoxida?

En una de las tantas observaciones que realizamos junto a mi amigo Lavoisier, detallamos que la Torre Eiffel en Francia, está cubierta por una capa delgada de una sustancia de textura granulosa y de un color rojizo, y al pasar nuestra mano sobre su superficie, pudimos notar que esta capa está fuertemente adherida, pero esta se puede caer por trozos si se le intenta retirar con un poco de fuerza y debajo se ve casi intacto el metal del cual está fabricada la torre... y digo casi intacta, ya que, observamos una serie de líneas con cierta profundidad que relacionamos con un deterioro permanente del metal que decidimos llamar corrosión, pero si se le realizará un tratamiento como pulir el metal seguramente podría verse como cuando recién se fabricó.

A partir de estas observaciones, pensábamos en algunos de mis estudios experimentales, como cuando me ocupé del análisis de la mezcla entre diferentes metales y sustancias de carácter ácido, donde al combinarlas podía obtener unos productos con características diferentes, entre esto, texturas, olores, colores distintos y con esto pude formular mi libro que titulé "La Historia experimental de los colores".



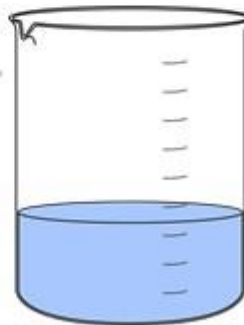
Esta observación de la Torre Eiffel fue muy interesante, ya que comprendimos que dependiendo de las combinaciones que se den entre los metales y diferentes sustancias, se obtienen unas nuevas con características distintos que generan cambios superficiales o permanentes en los metales. Y de los descubrimientos anteriores, obtuvimos un gran interrogante: **¿habrá alguna forma de desoxidar nuestros metales de estudio y observar si los cambios generados por interacción con los diferentes medios son permanentes o superficiales?**

**Para esto te invitamos a participar de un nuevo experimento...**

## Ahora hazlo tú



Después de observar que los metales habían cambiado debido a diferentes procesos, nos preguntamos si dichos metales podían desoxidarse y pulirse para lograr obtenerlos nuevamente como en su estado inicial, así descubrir un tratamiento para restaurar las estatuas, pero nos dimos cuenta que por más que limpiamos y tallamos para retirar esas sustancias de los metales, estas no se quitaban por completo. Por lo anterior, pensamos en un método que había utilizado Lavoisier en experimentos anteriores para separar elementos de un compuesto a través de chispas de electricidad. Sin embargo, para este experimento no usaremos chispas, sino corriente eléctrica continua, este método experimental es llamado electrólisis y lo utilizaremos para intentar quitar las sustancias que se encuentran encima de los metales. Para la electrólisis, vamos a necesitar los siguientes materiales:



- Multímetro con puntas
- Pinzas Caimán
- Beaker o recipiente de vidrio
- Cargador DC
- Sal
- Agua
- Metal oxidado (Cátodo)
- Metal original (Ánodo)
- Cinta aislante

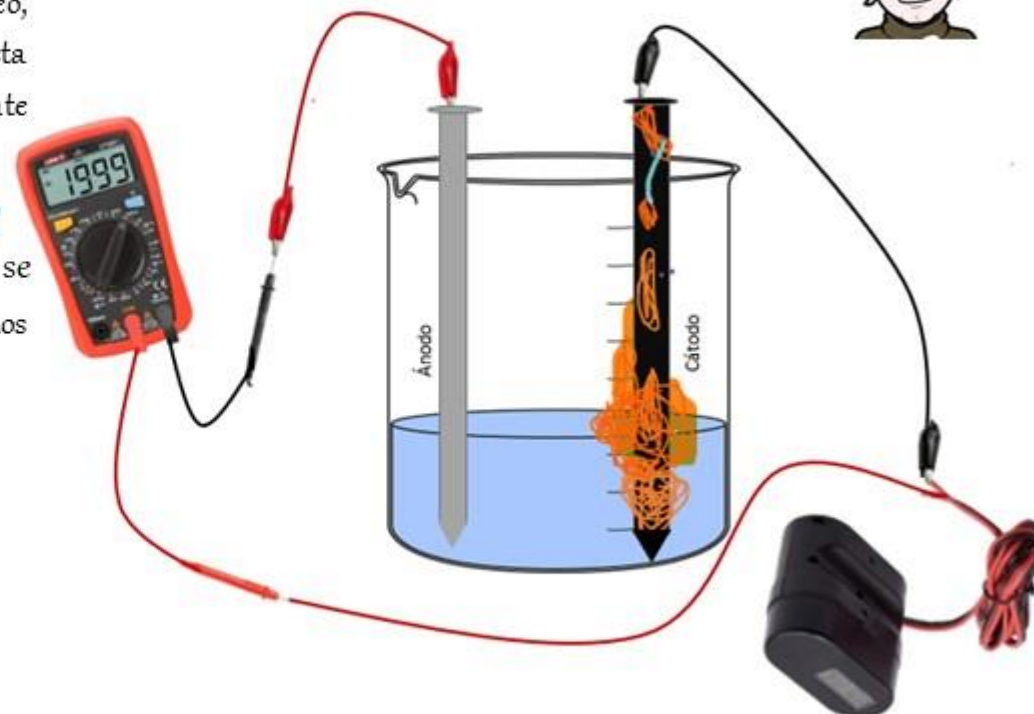


# ¿Cómo hacer el montaje?

Con ayuda de tu profesora, hemos realizado un video, con el cual podrás construir el montaje para esta experiencia, este video lo puedes encontrar en la siguiente dirección electrónica:

<https://www.youtube.com/watch?v=rvv56Bs1HZw>

Recuerda que el montaje debe quedar como se encuentra en la imagen, ten en cuenta que haremos conexiones eléctricas ¡Ten cuidado!



Puedes utilizar esta  
representación gráfica y el  
video adjunto para guiarte en  
la construcción de tu montaje.  
¡Buena suerte!

## Muéstranos tus resultados

**Criterios de análisis:** Observar detalladamente los metales de los montajes 1 y 2 que estuvieron desoxidándose y comparar los cambios al final de la electrólisis teniendo en cuenta el tamaño, grosor, color, forma, deterioro, superficie, brillo y la textura.



## Comparemos resultados cuando involucramos electricidad



Ahora que todos realizamos el experimento de electrólisis con nuestros metales, es momento de comparar los resultados que obtuvieron como grupo y después lo haremos de manera general. Para esto les pedimos que tengan presentes los tres montajes experimentales que hemos realizado a lo largo de las clases, ya que serán clave para responder los siguientes interrogantes y completar la siguiente tabla.

M	<i>¿Qué características tienen las sustancias que se desprenden de los metales? ¿Son las mismas de los montajes anteriores?</i>	<i>¿El metal vuelve a tomar las características que tenía inicialmente o son diferentes? Describanlo</i>	<i>¿Qué cambios se observaron en los metales que se usaron como ánodo?</i>	<i>¿Cómo es la superficie de cada metal después de la electrólisis? ¿al lijarlo vuelve a su estado original?</i>
1				
2				
3				
4				
5				
6				



## Construye tu propia infografía

De acuerdo a todo lo analizado con anterioridad en los diferentes montajes experimentales, les pedimos que elaboren una infografía por cada grupo de trabajo, reflexionando sobre los resultados obtenidos y buscando responder los siguientes cuestionamientos:

- ¿Haciendo uso de la electrolisis se puede oxidar un metal ?¿Cuánto tiempo podría tardar este proceso?
- ¿Qué otra alternativa proponen para desoxidar completamente los metales?
- ¿Cuál es el papel de la solución de agua con sal? ¿en qué influye la concentración de la misma?
- Después de desoxidar los metales por electrólisis de los dos montajes ¿qué cambios se observan entre los metales? ¿es más evidente el deterioro en uno que en el otro?






Esperamos que te  
hayas divertido,  
hasta pronto.







## 6.2. Sistematización de trabajo en aula


Anexo 2. Sistematización de trabajo en aula. Fase 1: Ahora es tu turno...

	Coloración	Deterioro	Propiedades	Ambiente-lugar	Registro fotográfico
1	<p>La coloración de los diferentes metales en este grupo, no son muy significativos, solo es mencionado que “los objetos metálicos se oscurecen al paso del tiempo, le salen manchas negras y sueltan un polvillo negro o café”.</p>	<p>En metales como el cobre el deterioro es evidente para el grupo debido a que “se debilitan las fibras de cobre y pierde dureza”.</p> <p>En el acero y hierro “el metal pierde movilidad después del tiempo y los objetos que están expuestos a altas temperaturas cambian de color y se resquebrajan”.</p>	<p>Algunos objetos “son livianos, fríos y brillantes con olor característico a metal”.</p> <p>Algunos otros objetos son “pesados con bastante olor metálico, con pérdida de brillo”.</p>	<p>Los lugares más característicos donde tienen estos objetos son expuestos al ambiente en el hogar, cerca de la cocina o lugares húmedos como el lavaplatos y revueltos con otros metales como las herramientas.</p>	 
2	<p>En metales como hierro, níquel, acero y plata, las coloraciones oscuras, negras o rojizas son caracterizadas como óxidos del metal, por lo tanto, aretes, llaves, tapas, argollas con color más oscuro o rojizo están oxidados.</p> <p>En metales como latón de algunas monedas está</p>	<p>Cambios en el tamaño, en el grosor y en la falta de brillo hacen que los metales analizados en este grupo sean caracterizados como deteriorados, además de presentar “rayones y olor a metal después del tiempo”.</p>	<p>Los metales utilizados por este grupo son níquel, latón, acero, plata, hierro y aluminio, el grupo menciona que dichos “metales son rígidos, duros y pesados”.</p> <p>Mencionan que los metales como cromo y carbono son muy difíciles</p>	<p>El ambiente más común donde se han tenido los metales, son expuestos al aire del ambiente y a sustancias acuosas al cocinar, ingresar a una piscina o al mar.</p>	



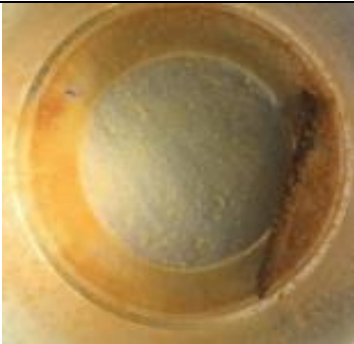


	<p>oxidado si se observan coloraciones negras, pero estas se pueden lavar y vuelven a un color similar a la inicial.</p> <p>Además de asociar las coloraciones oscuras con suciedad o mugre.</p>		<p>de oxidar u observar formaciones de colores distintos, que los metales en su mayoría suelen tener un recubrimiento que evita que se oxiden y que la oxidación es similar a la oxigenación de algún metal.</p>		
3	<p>En objetos de cobre las coloraciones que han tomado son verdes, azules y negras. En el hierro se presentan coloraciones naranjas que los estudiantes denominan óxido de hierro y coloraciones negras asociadas a la utilización en la cocina y estufa (calor o exposición a temperaturas) En el acero inoxidable y metales como cromo, y aluminio no se han presentado cambios de colores o solo han perdido el brillo.</p>	<p>En los metales que se presentan, hay deterioro en objetos de hierro con aleaciones de cromo o carbono, debido a que se mencionan rayas, pérdida de brillo y olor metálico con el paso del tiempo. En otros objetos compuestos de cobre, latón, níquel y aluminio se menciona oscurecimiento, coloraciones verdes azules y pérdida de brillo con el tiempo.</p>	<p>Los estudiantes presentan objetos de diferentes composiciones como oro, hierro, cromo, acero, aluminio, cobre y latón, estos metales son caracterizados por el grupo como delgados pero resistentes y que van cambiando con el tiempo a excepción del oro.</p>	<p>Los ambientes más comunes en donde tienen los objetos suelen ser expuestos al ambiente, en la estufa en caliente, manipulación constante y rose con otros objetos, como las llaves, anillos, ollas, recipientes y cubiertos.</p>	 
4	<p>Las descripciones se basan en los cambios de colores de objetos metálicos al paso del tiempo, el grupo explica que objetos como llaves, anillos y cadenas cambian de colores plateados a tonos ocre o amarillos oscuros.</p>	<p>Objetos como las llaves presentan mayor deterioro, ellos explican que “estas llaves tienen alrededor de 6 años, han tenido contacto con calor y humedad, le han salido manchas y pequeños huequitos” en otros</p>	<p>Los metales de manera general cambiaron “su dureza, el olor es más a metal, se forma una mancha de color negro en las llaves, algunos metales aparecen con rayas sin antes tenerlas como en el</p>	<p>Los metales han sido dejados a condiciones ambientales “han estado expuestos a calor y humedad, algunos sufrieron cambios por mohos o por</p>	


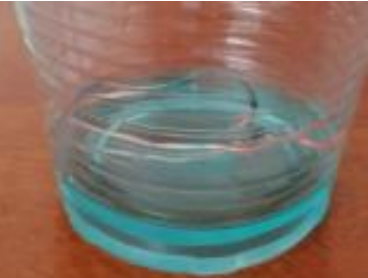
		metales explican que “antes las monedas eran muy brillantes de color plateado, ahora se les han caído partes, se ven un poco maltratadas”	caso de los aretes y anillos”	contacto con perfumes y alcoholes como en el caso de los aretes”.	
5	Se resaltan los cambios de color con el paso del tiempo, explican que los metales en su mayoría son en tonos grisáceos, aunque resaltan que “El resorte toma un color café rojizo y un poco de amarillo, como si se presentará un modo de hongo, además objetos como tijeras, cucharas y cadenas con el tiempo se vuelven naranjas, los recubren óxidos”	Las descripciones hacen énfasis en el deterioro de cada metal, como al explicar los cambios en unas tijeras donde se dice que “Empieza a trancar al cortar la tela, corta torcido, su textura es rígida como granulosa y no presenta mucho olor”, en la cuchara “a lo largo del tiempo la cuchara puede romperse por lo oxidada.	Los metales cambian considerablemente sus propiedades con el paso del tiempo “el clavo de hierro se oxida y se convierte en óxido férrico hidratado” en una varilla metálica “cambia bastante el olor, ahora huele a hierro oxidado, la varilla pierde su rigurosidad, puede partirse fácilmente y está cada vez más blanda”	Los estudiantes argumentan que, si los metales “no se oxidan, no cogen mal olor a menos de que se deje en un lugar húmedo por mucho tiempo”	
6	El grupo se basa en los cambios de coloraciones de los materiales que usaron, explican que “los aretes de plata que se pusieron negros con el tiempo”. Al inicio “las llaves eran de color plateado con el tiempo les salieron manchas oscuras como de óxido”.	Con el tiempo los aretes “se pueden volver negros, pero se limpian con crema dental y toman el color inicial, aunque quedan con pequeñas rayitas” además argumentan los estudiantes que a oxidarle los metales van manchándose y	Las tijeras al principio estaban brillantes con filo, con el tiempo se han ido rayando y perdiendo el filo, esto puede hacer que se dañen y que dejen pedacitos de óxido en lo que vayan a cortar”. Argumentan que “Los metales cambian su color,	Relacionan lo siguiente “las monedas al principio suelen estar brillantes, con el tiempo estas se empiezan a oxidarse y perder su color u olor del principio, todo	

		<p>perdiendo pedacitos en las puntas principalmente "a la punta de la puntilla se le cayó un pedacito por el óxido".</p>	<p>el olor es más a metal fuerte, tienen óxido que los cobre y pierden brillo"</p>	<p>también depende del lugar donde se tenga, un ejemplo es que si dejamos una moneda en agua ésta tiende a oxidarse más rápido"</p>	
--	--	--	--	---	---



Imágenes del anexo. Elaboración propia



Anexo 3. Sistematización de trabajo en aula. Fase 2: Bienvenido a mi laboratorio




Grupo 1	Criterio de observación	Registro fotográfico
<p>Construcción de explicaciones</p>	<p><b>Metales:</b></p> <p>En el metal de hierro los cambios fueron más notables que en el cobre, “La puntilla sumergida en cloro empezó a corroerse y esta corrosión se sobrepone al clavo”. En el hierro sumergido en agua “se empezó a desprender trozos de color café que quedaban en la superficie y el clavo dejaba una marca café”. En el hierro sumergido en vinagre “La puntilla se desmoronó y lo que soltó la puntilla se pegó al vaso, comenzó a sufrir un proceso de oxidación y perder el brillo”.</p> <p>En el cobre sumergido en cloro “Empezó a pegarse un tipo de sustancia negra a la base del vaso y salió moho de color verde”. En el caso del cobre en agua no tuvo cambio y en el vinagre “el cobre fue soltando capas en forma un polvo negro” “el cobre se volvió un poco rosado al sumergirlo al vinagre”.</p> <p>El grupo se fundamenta en las coloraciones de los metales, y sus características físicas como la dureza y maleabilidad, además de los lugares donde se deja el montaje pues es de gran importancia que han surgido resultados inesperados, como moho en algunas sustancias, coloraciones naranjas en el cloro y capas de distintas sustancias en las superficies de los líquidos.</p>	 
	<p><b>Medios:</b></p> <p>Los medios cambian significativamente, por ejemplo, en el caso del hierro, los estudiantes mencionan “el cloro estaba totalmente amarillo después del tiempo”. El agua “cambio de color desde las primeras horas y se produjo burbujas” y el vinagre en donde estaba sumergido el cobre “se redujo y tomo un color café”.</p> <p>En el cobre sumergido “el agua se hizo un poco más espesa” y el vinagre “se redujo y cambió a color azul”.</p>	
	<p><b>Tiempo:</b></p>	



	<p>Los tiempos son importantes a la hora de la experimentación para este grupo, en el hierro sumergido en cloro mencionan “Al cabo de 8 días vi que el clavo empezaba a corroerse”. En el mismo metal sumergido en agua, “en las primeras horas empezó a cambiar el color”. En el cobre con cloro “al cabo de 8 días empezó a pegarse una sustancia negra al vaso”.</p> <p><b>¿Nuevas sustancias?:</b></p> <p>En el metal de hierro las sustancias que son reconocidas por los estudiantes son llamadas óxidos del metal y se caracterizan por ser de colores naranjas, ellos mencionan “puede tener oxígeno e hidrógeno por la coloración en el líquido”. En el cobre “No sé si haya sustancias nuevas, no puedo identificarlas por mi propio medio” “La coloración del vinagre puede ser porque tiene oxígeno y/o hidrógeno”.</p>	
<p>Retroalimentación a modo de presentación</p>	<p>El grupo es detallado al realizar sus explicaciones, se basan en los colores obtenidos de los medios para dar explicaciones de los cambios, tienen presente el papel del tiempo y no se basan solo en lo sensorial, sino que indagan, buscan en fuentes de información el motivo de los cambios. Se retoman de la presentación de sus experimentos las siguientes frases:</p> <p>“Posiblemente no se lijo bien el metal, porque le quedó un polvo que pudo haberse desprendido en la reacción y eso generó una sustancia terrosa, parecida como a lodo”</p> <p>“Se podrían comprar las posibles sustancias que se obtienen en los montajes, para compararlas y así saber que son por sus colores”</p> <p>“Al dejar los montajes bajo la cama pudo haber ingresado algún hongo y crecido allí, por eso se ve como un cultivo de hongos dentro del vaso”</p>	










<p>Conclusiones</p>	<p>De los experimentos anteriores se resalta que:</p> <p>Los estudiantes se enfocan en conocer las sustancias a cabalidad por lo tanto indagan en internet y diferentes fuentes que les hace posible relacionar los procesos obtenidos con la teoría.</p> <p>Los cambios en el cobre no se hacen significativos sino después de sacarlo del montaje y observar bien “al lijar el cobre, la fibra estaba más delgada y opaca, pero no le pasó mayor cosa”.</p> <p>Las texturas finales de los metales, como rugosas y ásperas indican que las soluciones han producido un efecto sobre la superficie del metal.</p> <p>Las sustancias generadas en el hierro son asociadas constantemente con óxido y corrosión.</p> <p>Lo que ellos denominan óxido, es caracterizado como un polvo o una sustancia terrosa que se desprende de los metales.</p>	 
---------------------	--	--

Grupo 2	Criterio de observación	Registro fotográfico
<b>Construcción de explicaciones</b>	<p><b>Metales:</b></p> <p>En el caso del Hierro, se forman 3 sustancias, una de color naranja en la puntilla sumergida en el agua, otra de color negro en la puntilla sumergida en vinagre y una sustancia café y rojiza en la puntilla sumergida en cloro. La puntilla en el cloro se puso café y había una sustancia anaranjada.</p> <p>En el cable de cobre sumergido en agua y vinagre “no pasó nada desde que inició el experimento”. En el cloro, el cable de cobre se puso negro.</p> <p>Las coloraciones en los metales indican nuevas sustancias, sin embargo, las coloraciones oscuras u opacas no son tan significativas como las coloraciones vistosas y llamativas.</p>	
	<p><b>Medios:</b></p> <p>En cuanto al hierro en vinagre “Los primeros 5 días no pasó nada, luego el vinagre en donde estaba la puntilla cambió a un color muy oscuro”. En el hierro en cloro, “se crearon burbujas y se puso de color rosado” En el montaje con agua, el agua se puso anaranjada.</p> <p>En el montaje de cobre, solo el cloro tuvo cambio “se puso de color azul”.</p>	
	<p><b>Tiempo:</b></p> <p>Los estudiantes mencionan y es de gran importancia para ellos el momento en donde se empiezan a producir las reacciones “Desde el momento que puse la puntilla en el agua, esta se empezó a poner ligeramente naranja y el cobre no tuvo ningún cambio desde el inicio del experimento”.</p> <p>“Los primeros 5 días no pasó nada, luego el vinagre en donde estaba la puntilla cambió”.</p>	
	<p><b>¿Nuevas sustancias?:</b></p> <p>Los estudiantes relacionan las nuevas formaciones con óxidos de hierro “Se podría considerar una nueva sustancia que sería el óxido que está alrededor de la puntilla o es el polvo naranja que se ve en el fondo del vaso” En el cloro con el hierro “Hay unas sustancias de color blanco”.</p>	


<p><b>Retroalimentación a modo de presentación</b></p>	<p>El grupo hace énfasis en los cambios de colores de los medios y la liberación de burbujas, en los metales se guían más por los cambios de textura. Se destacan las siguientes frases usadas por los estudiantes en su presentación:</p> <p>“Sabemos que cuando se observan burbujas es porque sustancias del aire afectan o puede ser porque se liberan gases de las reacciones”</p> <p>“La superficie del hierro es rugosa al tacto, no es lisa, en cambio el cobre es como si tuviera pequeños huequitos que se parecen manchas”</p>	
<p><b>Conclusiones</b></p>	<p>Algunas conclusiones que se destacaron después de todas las actividades de esta fase fueron:</p> <p>“Los cambios aparecen todos los días en algunos montajes”</p> <p>Según sus resultados, no hay nuevas sustancias si el metal no cambia.</p> <p>“En el vinagre, la puntilla de hierro quedó totalmente negra y su textura es áspera”.</p> <p>El cambio de color en las disoluciones parece no ser indicador de nuevas sustancias, es algo poco significativo para el grupo.</p> <p>Algunas sustancias “aparecen” al poner los metales en contactos con disoluciones.</p> <p>Las sustancias que se encuentran rodeando los metales son caracterizadas como óxidos del metal.</p>	 

Grupo 3	Criterio de observación	Registro fotográfico
<b>Construcción de explicaciones</b>	<p><b>Metales:</b></p> <p>En este caso, el metal de hierro fue más significativo que el cobre “el hierro tuvo mucho óxido y su color cambió”. “las puntillas sumergidas en vinagre habían tomado unas manchas de color café y otras de color rojizo, estas se encontraban en algunas partes”.</p> <p>En el caso del cobre sumergido en vinagre “fue tomando un color rojo fuerte y algunas partes del alambre tomaron un color oscuro”. El cobre sumergido en agua “no sufrió transformaciones, aunque su brillo se opacó”.</p>	
	<p><b>Medios:</b></p> <p>Tienen en cuenta mucho más los medios que los metales, ellos mencionan que por ejemplo “el vinagre muchas veces es usado como método para brillar y quitar la oxidación de las cosas metálicas”, “el vinagre tomó un olor un poco fuerte y el color fue cambiando”. En el cloro “el tornillo empezó a soltar un poco de óxido en el vaso como si se empezara a limpiar”. En el agua “se tornó de un color rojizo por el óxido que soltaba la puntilla”.</p> <p>En el cobre sumergido en agua, “salieron burbujas y su color cambió” y el vinagre “no tuvo coloración, pero sí un olor muy fuerte al paso de los días”. “el agua tuvo burbujas”.</p>	
	<p><b>Tiempo:</b></p> <p>En cuanto al hierro sumergido en agua, “los cambios empezaron a aparecer a los primeros 3 días porque se veían pequeñas zonas rojas en la puntilla” en el vinagre “los cambios se hicieron más notables después del cuarto día”. En el caso del cobre sumergido en agua “el día 5 ya tenía un color más opaco” en el vinagre “tenía pedacitos pequeños de cobre estos empezaron a salir al inicio de la segunda semana”.</p>	
	<p><b>¿Nuevas sustancias?:</b></p> <p>El grupo sostiene que las nuevas sustancias son los precipitados que quedan en el fondo del recipiente “Había polvo de hierro en lo profundo porque estaba de color rojizo” “en el vinagre si ocurrieron cambios, sin embargo, no sabemos si son nuevas sustancias” “El óxido que caía del hierro era mayor que al principio”. En el cobre “no sabríamos si hay sustancias nuevas por que el cobre no se óxido” “en el vinagre no hay coloraciones, pero podríamos deducir que hay sustancias nuevas que hicieron cambiar el olor del vinagre”.</p>	

<p><b>Retroalimentación a modo de presentación</b></p>	<p>Al indagar en diferentes fuentes y analizar lo resultante en los montajes, los estudiantes, intentan explicar algunas situaciones:</p> <p>En el caso del agua “Presenciamos el desarrollo de una oxidación debido a que los metales tuvieron contacto con el oxígeno presente en el agua y al pasar los días esta oxidación se convirtió en corrosión”.</p> <p>En el cloro con hierro “el cloro causa una gran oxidación en las puntillas debido a que este tiene un pH más concentrado, lo que causa un cambio en la composición de los objetos”.</p> <p>En el vinagre con los dos metales “los cambios se deben a que el vinagre tiene propiedades desinfectantes, lo que produce cambios en el pH de algunas sustancias u objetos”.</p>	
<p><b>Conclusiones</b></p>	<p>De los resultados anteriores se destaca que:</p> <p>Los estudiantes indagan en internet y tratan de aportar explicaciones a lo sucedido con los metales y medios.</p> <p>Los cambios de color, olor, burbujas o cualquier cambio mínimo es tenido en cuenta, realizan una observación muy detallada.</p> <p>Le llaman oxidación a diferentes sustancias que se van generando en algunos montajes.</p> <p>Relacionan otras situaciones cotidianas para explicar lo que está sucediendo y relatan cómo los medios utilizados son sustancias limpiadoras de metales.</p> <p>Mencionan características como el pH y composición de oxígeno en algunas sustancias.</p>	 





Grupo 4	Criterio de observación	Registro fotográfico
<b>Construcción de explicaciones</b>	<p><b>Metales:</b></p> <p>Las observaciones del grupo se hacen en función de los cambios de coloración de los metales, describen que los mayores cambios en el Hierro son el paso a color negro en todas las sustancias y como se forman unas nuevas sustancias que los recubren no es fácil observar los tonos resultantes, además en los montajes del cobre se observa que este en el vinagre toma un color “dorado”, mientras que en agua e hipoclorito sigue igual.</p>	
	<p><b>Medios:</b></p> <p>El grupo hace énfasis en los cambios de color de los medios, rescatan el cambio de densidad de los medios argumentando que se vuelven más “densos los medios al presentar nuevas sustancias que se evidencian con los cambios de color”. El grupo argumenta que el cambio de olor en los montajes con vinagre fue cada día más penetrante, con el hipoclorito se evidencian cambios en los medios con tonos desde el violeta en el caso del hierro y de azul turquesa con el cobre.</p>	
	<p><b>Tiempo:</b></p> <p>Los tiempos fueron importantes en la descripción de los cambios de los metales y medios, argumentaron que “la puntilla se volvió oscura, el agua desde la segunda semana se empezó a volver amarilla en los bordes del vaso y alrededor de la puntilla y tiene un fuerte olor a óxido “lo anterior para el montaje de la puntilla de hierro en agua, este tipo de explicaciones se realizaron en todos los montajes, el paso del tiempo les permitió realizar comparaciones entre los montajes realizados.</p>	
	<p><b>¿Nuevas sustancias?:</b></p> <p>los estudiantes explican que los metales tuvieron cambios no solo de color o de forma, la textura, la superficie de estos y la aparición de manchas oscuras en el caso del cobre. Ellos argumentan que “en el hierro aparecieron en el fondo del vaso una especie de polvo de color amarillo y a los pasos de los días se volvió más oscuro, como lodo y había unas partes que flotaban. En el cobre se vieron unas manchas azules, pero con los días se vieron como polvito que volvía azul el medio”.</p>	
<b>Retroalimentación a modo de presentación</b>	<p>En el momento de la presentación grupal se identifica que el grupo realiza de manera juiciosa el experimento, son detallados al hacer sus explicaciones de los posibles cambios, se resaltan frases expuestas como:</p>	









	<p>“Nos dimos cuenta de que, si no se lijaba bien el metal, no se tenían los mismos cambios al comparar nuestros montajes, posiblemente es por una capa que cubre a los metales y los protege de la oxidación”</p> <p>“Es como si el cobre no reacciona con agua o con vinagre, con el agua se ve del mismo color, solo que el agua está más azulita y en el vinagre se ven unas manchas y puntitos azules, pero igual no se ve gran cambio en los metales”.</p> <p>“En los montajes con vinagre se ve mayor cantidad de burbujas, pensamos que se liberan gases, pero no sabemos cuáles son”.</p>	
<p><b>Conclusiones</b></p>	<p>Se concluye lo siguiente a partir de lo analizado del grupo de trabajo 4:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Las explicaciones que construye el grupo se realizan a partir de los aspectos sensoriales como la vista principalmente, son detallados al explicar los cambios de coloraciones en los metales y medios, además de relacionar la influencia de los factores ambientales.</li> <li>• Se generan preguntas en torno a la presencia de burbujas dentro de cada montaje y se asocia con gases liberados en las reacciones.</li> <li>• El tiempo es un factor importante y se considera que al pasar más y más tiempo, mayores cambios se van a tener.</li> <li>• El hierro fue el metal que más rápido reaccionó y el medio que mayores cambios produjo fue el hipoclorito.</li> </ul>	

Grupo 5	Criterio de observación	Registro fotográfico
<p><b>Construcción de explicaciones</b></p>	<p><b>Metales:</b></p> <p>El grupo realiza las explicaciones de los cambios de los metales a partir de sus coloraciones y los cambios de forma o las capas de nuevas sustancias que se generaban sobre los mismos, obtuvieron cambios más significativos en el hierro explicando que este en agua e hipoclorito “comenzó a desvanecerse, el olor a óxido se volvió más fuerte, aparecieron manchas, de óxido más rápido, el color fue rojizo después de que era plateado”.</p> <p>En cambio, con el cobre “sigue rígido, el color es idéntico, básicamente no presentó cambios al entrar en contacto con el agua”. Se identifica que se confunden los cambios de los metales con los de los medios.</p>	
	<p><b>Medios:</b></p> <p>El grupo se basó en la disminución del volumen de cada medio en los recipientes, argumentaban que podría ser por evaporación o porque este líquido reacciona con el metal para obtener nuevas sustancias. Son más detallados al hablar de los medios, ya que mencionan olores, colores rojizos con hierro y azules con cobre.</p> <p>Les llamó la atención lo sucedido en el experimento del cobre con el hipoclorito “Cuando el agua se reposa se ven una sustancia terrosa en la parte inferior del vaso, pero cuando esta se rebosa, el vinagre se toma un color amarillento y se ve turbio, como si parte del óxido quedará flotando, el olor es normal al vinagre original, no presenta olores a óxido”</p>	
	<p><b>Tiempo:</b></p> <p>Este grupo es detallado en los tiempos de observación, ellos explican los cambios en función de las fechas de cada observación, como a continuación: “El día 26 de Julio, el vinagre se volvió azul, y disminuyó la cantidad del líquido”, “Los primeros cambios se dan desde el segundo miércoles 21 de Julio, cuando se da la segregación de burbujas en la superficie de la puntilla y las piedritas empezaron a salir”. El grupo considera que a medida que avanza el tiempo se ven cambios en cada uno de los montajes experimentales.</p>	
	<p><b>¿Nuevas sustancias?:</b></p> <p>El grupo considera que en todos los montajes con hierro se generan nuevas sustancias identificado por medio de cambios de color, sustancias que denominan “polvo o arena”, además de los cambios de olor, “sí, en la pigmentación del cloro, se puede identificar por las manchas rojas que segrego el material de la puntilla; También en el olor, puesto que si cambia es porque se mezclan sustancias para generar un olor nuevo”. En cambio, con</p>	



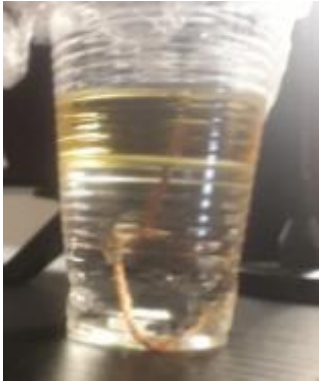

	<p>el cobre explican que no se generaron nuevas sustancias ya que solo se ven cambios de color en los medios, en cambio con el hipoclorito si se generan sustancias terrosas “No se presentan nuevas sustancias, únicamente cambio el color del agua, entonces es difícil visualizar algún cambio o nuevas sustancias”.</p>	
<p><b>Retroalimentación a modo de presentación</b></p>	<p>Durante la explicación, en el grupo de trabajo surge un interés particular que no se había escuchado en los otros grupos de trabajo, el cual era trabajar con medios más puros para comparar sus resultados con los que eran de interés, ellos explicaban que “consideramos que si ponemos a reaccionar el hierro o cobre con cloro puro líquido posiblemente vamos a ver colores o sustancias diferentes”.</p> <p>A partir de esto, el grupo consiguió Hipoclorito industrial 11% y realizó la comparación para la siguiente clase, mostrando sus resultados y encontrando que “a mayor concentración de cloro los cambios se dan más rápidamente, pero se siguen viendo los mismos colores y sustancias terrosas, lo que toco hacer fue hacerlo en un recipiente de vidrio porque en el vaso plástico se empezó a salir por la parte de abajo, como si se derritiera el vaso”. Además, durante sus presentaciones se realizaron las siguientes explicaciones por parte de los estudiantes “Si hubo formación de nuevas sustancias en los experimentos con el hierro, lo evidenciamos por las burbujas, los cambios de color y porque se formó una sustancia terrosa en el fondo de los vasos”. “A medida que pasa el tiempo más cambios se observan, entonces queremos dejarlo otras dos semanas en observación”.</p>	
<p><b>Conclusiones</b></p>	<p>Se concluye lo siguiente a partir de lo analizado del grupo de trabajo 5:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• El grupo es ordenado, procura mantener su diario de observaciones detalladamente, son descriptivos y no solo se basan en los cambios sensoriales, sino en factores que afectan los cambios en las sustancias como la concentración de estas.</li> <li>• Al hacer la comparación entre el hipoclorito de sodio comercial al 5% con un hipoclorito de sodio industrial al 11% se observan cambios más rápidos en el concentrado, pero los resultados en términos de coloración y apariencia de las sustancias formadas es muy similar.</li> <li>• Es reiterativo el uso del término “sustancias terrosas o arenosas” al explicar la formación de una nueva sustancia en el fondo y superficie de los recipientes</li> </ul>	 



Grupo 6	Criterio de observación	Registro fotográfico
<b>Construcción de explicaciones</b>	<p><b>Metales:</b></p> <p>El grupo se preocupó por describir los cambios de color del hierro y el cobre, dentro de sus explicaciones decían “el cobre con vinagre se vuelve opaco como de color negro, en cambio en hipoclorito es de color rosado y en agua no le sucede nada”. Contrario a lo explicado con hierro “La puntilla presentó un tipo de oxidación, se volvió más oscura, el olor a metal aumento y soltó ciertos pedacitos de metal u óxido como en el hipoclorito donde se desprendió una sustancia parecida a arena”</p> <p>Ellos resaltan que los cambios en las puntillas de hierro fueron más evidentes en los extremos “como si se cayeran por pedacitos primero las puntas, además la textura es áspera ahora” y en el cobre “parecía que le salieran manchas, como varicela”</p>	
	<p><b>Medios:</b></p> <p>Los estudiantes resaltan que el color en los medios no era uniforme, es decir, se veían tonalidades diferentes desde el fondo hasta la superficie del mismo “El agua en el fondo es más oscura que en la parte de arriba, se volvió color naranja tirando a rojizo” esto sucedía con los montajes del hierro, en los del cobre identificaban que todos “los medios tenían un color azul claro y de igual manera aparecieron puntitos negros dentro del agua” además de una disminución en el volumen de los líquidos dentro de los recipientes.</p>	
	<p><b>Tiempo:</b></p> <p>Los estudiantes manifiestan que los primeros cambios en los montajes con hierro fueron a partir del segundo día como en el del “hipoclorito que fue casi inmediato”; en cambio el cobre se “demoró mucho en reaccionar, es más, aún no se ven cambios en el cobre en agua, solo se manchó un poco el metal, pero no más”.</p>	
	<p><b>¿Nuevas sustancias?:</b></p> <p>El grupo encuentra la formación de nuevas sustancias fácilmente en los montajes con el hierro, como lo mencionan en el experimento de hierro en agua “Este presentó nuevas sustancias como pequeños pedacitos blancos que se encuentran en la parte superior del montaje y unas esquirlas negras que se encuentran en la parte inferior del montaje” en cambio en el cobre con agua y el hipoclorito no se ven sustancias nuevas; una observación diferente es la que hacen en el experimento de cobre en vinagre donde explican que “la nueva sustancia son estas pequeñas esquirlas color negro, se podría identificar tanto como suciedad del ambiente o algún tipo de oxidación” .</p>	

<p><b>Retroalimentación a modo de presentación</b></p>	<p>Se identifica que es un grupo que es muy descriptivo, consideran otros factores del ambiente como los microorganismos y la contaminación, identifican que los cambios de tonalidades en los medios no son uniformes, es decir, en la superficie de los montajes se ven ciertos colores y en el fondo otros más oscuros. Variables como la humedad del ambiente, la temperatura o la concentración de los medios no son factores importantes dentro de sus explicaciones.</p> <p>Sus explicaciones sobre los metales se realizan desde el tacto, explican que cambian sus superficies, pasan de ser lisos a ser rugosos y que sus puntas se ven deterioradas más rápido en el caso del hierro en cambio en el cobre la presencia de manchas sectorizadas en la superficie.</p> <p>Del grupo se destacan las siguientes frases usadas en su presentación:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• “Se observa que las puntas de la puntilla de hierro se desgastan y se forma una especie de capa o burbuja de óxido que las cubre, pero al sacar las puntillas de los vasos y limpiarlas un poco, se ve que se desgasta el metal, es como si se cayeran primero las puntas por trocitos”.</li> <li>• “Posiblemente al dejar el recipiente sobre la nevera, pudo tener contacto con algún microorganismo o moho y por eso salió esa especie de espuma sobre el hierro y el hipoclorito”.</li> </ul>	 
<p><b>Conclusiones</b></p>	<p>Se concluye lo siguiente a partir de lo analizado del grupo de trabajo 6:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Falta orden, organización y ampliar las descripciones hacia la formación de posibles nuevas sustancias.</li> <li>• Se resaltan las observaciones en torno a los cambios en los metales, al retirar a los mismos de sus medios y observar sus extremos, cambios de color, texturas y brillo.</li> </ul>	


Imágenes del anexo. Elaboración propia



Anexo 4. Sistematización de trabajo en aula. Fase 3: ¿El aire influye?



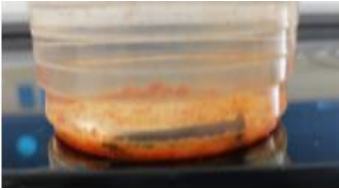
Grupo 1	Criterio de observación	Registro fotográfico
<p><b>Comparando resultados entre el montaje 1 y el montaje 2</b></p>	<p><b>Metales:</b></p> <p>Los estudiantes, con el paso del tiempo, identifican que los metales tienen casi las mismas transformaciones que en el montaje anterior, sin embargo, el proceso es más lento cuando hay una capa de aceite. “si cambian de igual manera ya que no noté algún cambio a simple vista, simplemente la textura, el que se enfrentó al aceite y al agua cambió su textura, no sentía rugoso, se siente de igual forma, no como el que se enfrentó solo al agua que si estaba rugoso”. “se puede apreciar que cuando entra oxígeno el cambio es mayor y más rápido, cambiando su coloración y tamaño a diferencia de cuando entra poco o nada de oxígeno, aquí se demora más el proceso”.</p>	
	<p><b>Medios:</b></p> <p>En este montaje los estudiantes no se preocupan por describir o analizar que sucede en los medios, debido a que son los mismos utilizados en el montaje anterior, pero sí indican que la capa de aceite y papel vinipel “aíslan al experimento, haciendo posible que este no tenga algún cambio posible por medios externos” “Cumple un papel de aislante para con el medio exterior”</p>	
	<p><b>Tiempo- inhibición:</b></p> <p>Los tiempos en reaccionar no fueron tan importantes para el grupo, por que indicaban que casi no hubo cambios los primeros días, después de unos días se veían algunos cambios, pero muy mínimos sobre todo en los montajes con hierro “En el de sólo agua desde las primeras horas había cambio, en este hasta el día 5”.</p>	
	<p><b>¿Nuevas sustancias por qué?</b></p> <p>En el caso de nuevas sustancias en los metales, los estudiantes asocian las coloraciones con nuevas sustancias que denominan óxidos de los metales. En el caso del hierro ellos mencionan que se forma un óxido, “ya que está en presencia del oxígeno que contiene el agua y esto al interactuar con el hierro forma una nueva sustancia que es conocida como óxido. Su fórmula sería Fe O”. Por otro lado, en el cobre “en este caso yo diría que se crearía un óxido de cobre o un cloruro de cobre ya que el cobre hace reacción y cambia con el oxígeno y el agua”. también mencionan en el hierro “hasta ahora solo hay una coloración, el líquido se torna de color café, lo que nos indica que posible mente sea todo el polvo producto de la oxidación revuelto con el líquido”</p>	

<p><b>Retroalimentación a modo de debate</b></p>	<p>Al realizar la retroalimentación de la actividad experimental, los estudiantes analizan que:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Se pueden estar formando sales y óxidos, debido a los componentes de la sustancia, contábamos con Cl, O, H. Estos distintos elementos en las distintas sustancias podrían formar una sal como en el caso del vinagre y el cloro, o un óxido, en el caso del agua.</li> <li>• En el caso de algún proceso de oxidación o corrosión solo tuvimos casos de oxidación, ya que el inhibidor alteró el mayor desarrollo de oxidación para llegar a corrosión.</li> <li>• El experimento no reaccionó de la misma manera que lo hizo el anterior, como ejemplo todo el tiempo que se tomó el metal es resaltar algún cambio.</li> </ul>	
<p><b>Conclusiones</b></p>	<p>Cuando se han realizado los experimentos, los estudiantes resaltan algunas conclusiones que se mencionan a continuación:</p> <p>Los estudiantes identifican que los metales reaccionan químicamente con los medios y asocian características aislantes al aceite y papel vinipel.</p> <p>Aunque no lo mencionan, en este montaje a diferencia del anterior no se evaporan los medios y los cambios no son tan significativos.</p> <p>“Al estar tapado tiene un proceso de oxidación más lento, pero este empieza a soltar unas partículas y hay ligeros orificios en los extremos”.</p> <p>“Todos apuntamos a que las diferencias entre el primer y segundo montaje es debido a las condiciones en el ambiente a las que estaba expuesto”.</p>	



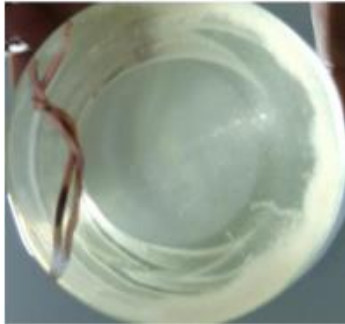


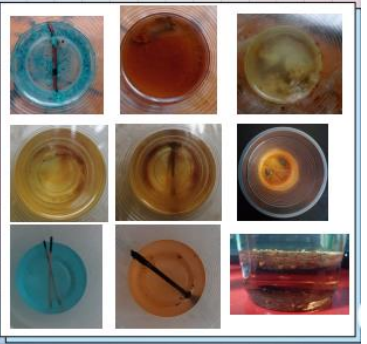
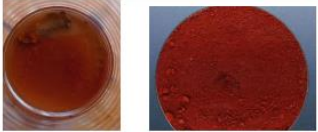


Grupo 2	Criterio de observación	Registro fotográfico
<p><b>Comparando resultados entre el montaje 1 y el montaje 2</b></p>	<p><b>Metales</b>  Los estudiantes resaltan cambios similares a los metales del primer montaje sin embargo tienen en cuenta las texturas y olores que se desprenden de los recipientes, además de identificar que los tiempos en que reaccionan los metales son mucho más lentos. En el cobre “El cobre al sacarlo del vaso, se sintió que este era un poco rasposo y grasoso gracias a que estuvo en contacto con el aceite”. En el caso del hierro “La textura de la puntilla era suave, un poco más a lo que era antes de meterla en el vaso, se generó un polvo de óxido encima, pero la puntilla no cambió”. “La puntilla ha tomado una capa de polvo blanco, lo que ha ocasionado un efecto opaco, pero no ha tomado coloración ni alguna otra textura, en realidad creo que esta se encuentra más lisa que al inicio.”</p>	
	<p><b>Medios</b>  En este montaje los estudiantes no tienen en cuenta las disoluciones de los medios, le dan gran importancia al aceite de cocina y su función, además de asociar la formación de nuevas sustancias con la entrada del aire “El papel que cumple el aceite es evitar que el aire pueda entrar y tener contacto con el agua y el metal, ya que con solo tapanlo no podría ser suficiente para evitar del todo que este pasara”. “El aceite bloqueó el óxido que expulsaba el cobre para que no llegara a la superficie”.</p>	
	<p><b>Tiempo- inhibición</b>  Además de mencionar que los metales no habían tenido cambios tan significativos como en el primer montaje, los estudiantes indicaron que la reacción de los metales era lenta en comparación y que debido a que el montaje estaba aislado del aire, lo que se estaba produciendo eran sustancias diferentes al del primer montaje, “es probable que se están formando otras sustancias distintas a las del primer montaje debido a las coloraciones” En el caso del cobre “no cambio, sigue igual que cuando fue sumergido en el medio, por lo tanto no creo que hayan nuevas sustancias”.</p>	
	<p><b>¿Nuevas sustancias por qué?</b>  Mencionan formulas químicas para explicar y caracterizar las sustancias que se están formando en los diferentes montajes, además de mencionar la oxidación y corrosión de los metales “La nueva sustancia que hemos podido identificar es el óxido de hierro, debido a que el único cambio que notamos fue el óxido alrededor de la puntilla y en el cloro”. “La coloración entre amarillo y café se debe a la corrosión que ocurre en la puntilla, al final de los días se tornó a un color mucho más naranja”. En cuanto a nuevas sustancias con el medio “Tal vez se creó alguna sustancia que ocasionó que hubiera burbujas y que se acumulara gas en el vaso, pero aparte de esto no creo que se hayan formado sustancias nuevas”.</p>	


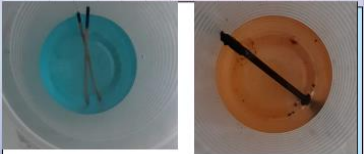


<p>Retroalimentación a modo de debate</p>	<p>Durante el debate y la retroalimentación grupal de los resultados, el grupo se destacó por algunas afirmaciones que se presentan a continuación:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Las sustancias varían dependiendo del medio en donde estaban los metales, como el hidróxido férrico en el caso de las puntillas con el agua.</li> <li>• Realmente los cambios dependían del líquido o medio con el que se hacía el experimento, por ejemplo, el cloro era el que más rápido oxidada y los otros si lo hacían, pero más lentamente.</li> <li>• Había un proceso de transformación con todos los líquidos del experimento, ya sea en un menor tiempo o que se oxidaran rápido, pero si había. En la mayoría de los montajes el hierro era el que se oxidan más rápido en los 3 medios (agua, vinagre, cloro)</li> </ul>	
<p>Conclusiones</p>	<p>Después de todas las actividades de esta fase se destacan algunas conclusiones del grupo y sus explicaciones</p> <p>Los estudiantes lograron identificar que en Ambos experimentos se oxidaron de una manera distinta, el cloro fue el medio más rápido para que estos metales llegaran a tener corrosión en muy poco tiempo.</p> <p>En los diferentes experimentos el material que aparecía en estos era el óxido, pero depende si existía más o menos líquido con el que se hacía el experimento.</p> <p>El estar expuesto al aire libre es un factor que puede hacer que se oxide más o menos rápido.</p> <p>Los estudiantes tienen en cuenta que la exposición al aire contribuye a la oxidación de los metales y afecta el tiempo en que se puede oxidar los metales.</p>	


Grupo 3	Criterio de observación	Registro fotográfico
<p>Comparando resultados entre el montaje 1 y el montaje 2</p>	<p><b>Metales</b></p> <p>Los estudiantes, realizan bastantes consideraciones y comparaciones en todos los casos, teniendo en cuenta específicamente los cambios en los metales y sus coloraciones. En el caso del hierro “al estar expuesto al aire se tardó más en cambiar su color y textura” “la sustancia formada es óxido, pero no en su totalidad ya que de alguna manera el aceite y la falta de aire impiden su oxidación” “El color de la puntilla es totalmente negro y su alrededor es áspero” “Relativamente en ambos experimentos la puntilla está negra en la parte de abajo, y en la parte de arriba está llena de óxido”. En cuanto al cobre refieren que los cambios no han sido muy relevantes a excepción del cobre en cloro pues ellos mencionan que se evidencian sustancias negras pero que hay ausencia de la sustancia verde azul que se produjo en el primer montaje, en el caso del cobre con vinagre “El cobre cambio a un color rosa”</p>	
	<p><b>Medios</b></p> <p>En los medios, los estudiantes explican que las coloraciones que se presentan son las que pueden indicar nuevas sustancias y estas se presentan tanto en la primera fase como en la segunda “Ya que el agua de ambos experimentos el hierro se tornó color anaranjado y el metal está negro”. En el caso del cloro y cobre “El cloro tomó color negro y el cobre también”. En este experimento a diferencia del anterior, “Se formó un tipo de moho blanco en la superficie del aceite y alrededor del vaso que contiene cloro, aunque también pueden ser partículas de cristal”.</p>	
	<p><b>Tiempo- inhibición</b></p> <p>Los estudiantes tienen en cuenta que el tiempo de reacción es mucho más rápido en las sustancias que están expuestas al aire por lo tanto mencionan “En todos los experimentos, el aceite cumple el papel de no dejar pasar el aire, haciendo que las reacciones sean más lentas o rápidas dependiendo de la sustancia en donde se encuentren sumergidos los metales”</p>	





	<p><b>Nuevas sustancias - Características</b></p> <p>Los estudiantes mencionan aspectos muy importantes en la formación de nuevas sustancias incluso son muy descriptivos en sus explicaciones</p> <p>“En el experimento uno con hierro solo se formó un polvo de óxido; y en el experimento dos aparte de también crear un tipo de polvo de óxido, se puede ver un pequeño cristal blanco”</p> <p>“En el experimento uno con cobre no se ha formado ninguna sustancia, pero en el dos se han formado pequeñas partículas de cristal en el fondo”</p> <p>“La transformación más notable fue que el óxido de hierro se pegó a la parte de abajo del aceite y creó un tipo de burbujas”</p> <p>“En el cobre se crearon partículas de cristal y el óxido se volvió de color negro”. “El óxido de hierro se identifica por su coloración naranja y los cristales que puede que sean una sal y se identifica por su color blanco”.</p>	
<p>Retroalimentación a modo de debate</p>	<p>En el proceso de debate y retroalimentación los estudiantes lograron destacar que:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Estamos todos de acuerdo que los experimentos que tuvieron más cambios fueron los del cloro, en los experimentos de la puntilla todos fueron afectados en el sentido de que se les desprendió óxido.</li> <li>• Según lo que hemos investigado hay unas sustancias amarillas en el vaso que se llama óxido férrico, en el caso del agua y el vinagre, pero en cambio en el cloro como hay mayores cambios, se ve una coloración roja que puede ser una sal de hierro.</li> <li>• Otra sustancia que podría evitar los cambios sería una capa de zinc ya que el proceso de oxidación dañina del óxido se transferirá a la capa de zinc en lugar de al hierro</li> </ul>	
<p>Conclusiones</p>	<p>De acuerdo con lo evidenciado en clase y las actividades entregadas se identifica que</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Para este grupo, las nuevas sustancias están enfocadas en las transformaciones de los metales y no de los medios.</li> <li>• El aceite es fundamental en los experimentos pues este aísla el aire en inhibe la formación de nuevas sustancias o que se formen en menor cantidad</li> <li>• Los metales han tomado coloraciones blancas que no se habían evidenciado antes, por lo tanto, estas coloraciones son producto del aceite y la mezcla de este con la disolución.</li> <li>• Las burbujas que se evidencian en los distintos montajes son caracterizadas como gases que se formaron en la reacción del metal con el medio.</li> <li>• Las texturas cambian con respecto al medio, en algunos casos con el hierro la textura es lisa y en el cobre la textura resultó ser rugosa después del tiempo.</li> </ul>	

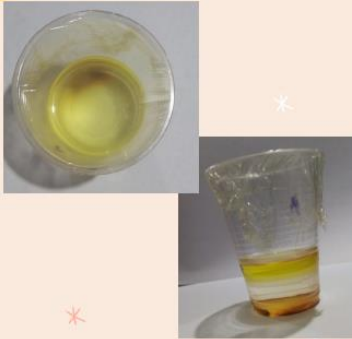
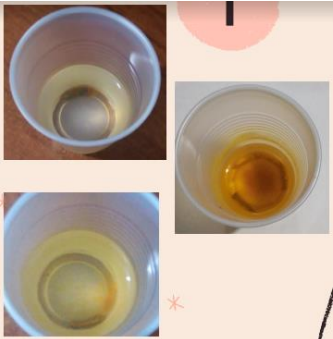

Grupo 4	Criterio de observación	Registro fotográfico
<p><b>Comparando resultados entre el montaje 1 y el montaje 2</b></p> <p><b>Cárdenas, López, Paredes y Yepes</b></p>	<p><b>Metal:</b> Los estudiantes identifican que al comparar los montajes experimentales 1 y 2, los metales en el segundo montaje no cambiaron tan considerablemente como en el primero, se resalta la siguiente frase “se puede evidenciar comparando ambos montajes y en principal los cambios de los metales, empezando que los cambios en los montajes que tienen aceite y están tapados son mucho más lentos en comparación con el primer montaje. Esto pasa debido a que el montaje 1 tiene el paso directo del aire, el aire posee oxígeno y este es uno de los principales, es como si el aceite funcionara como una barrera que hace que no se oxiden tanto los metales, tanto el hierro como el cobre tuvieron cambios, pero en el montaje dos no fueron tan notorios”</p>	
	<p><b>Medio:</b> Los estudiantes realizan la comparación entre los montajes experimentales 1 y 2, identificando que se evidencia que no se generan tantos cambios en los medios de los montajes 2 en comparación con los 1, resaltan principalmente el cambio de color y de los estados de las sustancias obtenidas, “Los colores del medio eran mucho más intensos y se notaban más como el color azul y las tonalidades naranjas que se presentaban en los montajes”</p>	 <p>Óxido de hierro (<math>Fe_3O_2</math>)</p>
	<p><b>Tiempo- inhibición:</b> Dentro de las explicaciones realizadas el grupo explica que “el tiempo influye en los cambios que sufren los metales y los medios, porque entre más tiempo se dejan sumergidos más oxidados van a estar”. A partir de esto, el grupo genera una pregunta que les genera interés, la cual es “¿Si se dejan más tiempo los metales se van a reflejar mayores cambios?”</p>	 <p>Cardenillo:</p>
	<p><b>Nuevas sustancias</b> Se resalta que el grupo hace un énfasis en determinar algunas de las posibles sustancias que obtienen en sus montajes experimentales, ellos realizan descripciones de color, textura y estado principalmente, que son clave para determinar o aproximarse a las sustancias generadas, se resaltan las siguientes frases escritas por el grupo: “Cloro: en el caso del hierro sin aceite se formaron 2 sustancias, una azul y una rojiza. En el hierro se formó una sustancia roja-marrón, está en mayor cantidad en el montaje sin aceite, con aceite se torna más claro. En el agua: el hierro sin aceite desarrolló una sustancia naranja que no se combina con el agua. En el vinagre y el hierro con aceite hay una</p>	 <p><b>MONTAJE 1</b></p>


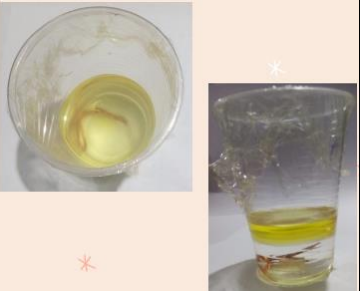
	<p>sustancia marrón que se mezcla levemente con el agua y a la vez se precipita. Aceite: en el hierro con y sin aceite hay sustancia marrón con cápsulas de aire y más notorio en el hierro con aceite. El vinagre que se encuentra con el acero y sin aceite se combinó con una sustancia azul”</p>	 <p><b>MONTAJE 2</b></p>
<p><b>Retroalimentación a modo de debate</b></p>	<p>El grupo es participativo y responde cada una de las preguntas de acuerdo con sus observaciones e investigaciones como grupo, no se quedan solo en lo analizado en el aula sino también se preocupan por buscar información de otras fuentes como internet. Durante el debate el grupo manifiesta una serie de explicaciones de cada uno de los montajes:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Se resalta que definitivamente los metales y medios de los experimentos del montaje 1 tuvieron mayores cambios en función del tiempo, en comparación con los del montaje 2.</li> <li>• Los colores de oxidación del Hierro están en torno a los rojizos, en cambio las sustancias generadas con el Cobre son azules verdosos.</li> <li>• El medio donde los metales presentaron mayores cambios fue en el cloro, luego en el agua y por último el vinagre.</li> <li>• Se identifica que la humedad es un factor que influye en los cambios de los metales.</li> </ul>	 <p><b>MONTAJE 1</b></p>  <p><b>MONTAJE 2</b></p>
<p><b>Conclusiones</b></p>	<p>A partir de los entregables, el debate y las explicaciones realizadas por los integrantes del grupo se recogen las siguientes conclusiones:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Las coloraciones de los metales y los medios son significativas en las construcciones de los estudiantes en torno a la caracterización de las sustancias obtenidas.</li> <li>• El aceite y el vinipel actúan como una capa aislante que aíslan el oxígeno del aire atmosférico con el medio, haciendo que no haya una alta cantidad de gases disueltos en los medios.</li> <li>• Las condiciones como la humedad y la temperatura, además del tiempo resultaron ser factores importantes para el grupo.</li> <li>• Aunque no se hace una distinción entre la oxidación y corrosión, se hacen distinciones frente a los cambios y deterioro de los metales.</li> </ul>	

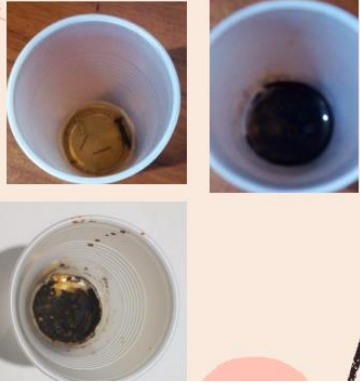
Grupo 5	Observación	Registro fotográfico
<p><b>Comparando resultados entre el montaje 1 y el montaje 2</b></p>	<p><b>Metal</b>  Los estudiantes identifican que los metales con cambios más significativos fueron los de los primeros montajes, se basan en las coloraciones y en la liberación de sustancias gaseosas. Resaltan los cambios de los montajes, donde el hierro fue el que más cambios presentó pasando de colores amarillos hasta rojizos y negros, los estudiantes explican que en el segundo montaje los cambios no fueron tan significativos “ya que en este caso el cambio fue menos agresivo, ya que se le desprendió oxido un poco más lento, y no desprende tanto olor, aunque de igual manera tuvo bastantes cambios”</p>	
	<p><b>Medio</b>  El grupo explica que los cambios en el segundo experimento con respecto al primero no son muy significativos, en realidad los únicos cambios que obtienen es la liberación de una sustancia “terrosa” que se desprende de los metales, pero lo más significativos en los medios es “cuando se deja destapado el nivel del vinagre comienza a bajar”. Además, en todos los medios se observó la liberación de unas burbujas como “si se generan sustancias gaseosas e intentaron escaparse, pero se quedan retenidas en medio del medio y el aceite haciendo que quede una capa blancuzca”.</p>	
	<p><b>Tiempo- inhibición</b>  Aunque explícitamente no hablan del tiempo como un factor determinante, si resaltan que al pasar de los días se observan más cambios, ellos describen que “los metales día a día van tornándose de colores distintos como de unas sustancias de colores diferentes a las del metal”</p>	
	<p><b>¿Nuevas sustancias por qué?</b>  Los estudiantes resaltan que en los montajes con el hierro se obtienen sustancias como el “óxido ferroso ya que, eso fue lo que se desprendió en este caso de la puntilla tomando en cuenta el color que tuvo, el olor y la sustancia que se alcanzaba a visualizar con apariencia de un sólido en polvo”. En el caso de los montajes con el cobre se forma una sustancia que parece “una sal debido a la textura que se le ve, ya que son cristales y a que es un poco rígido, así mismo prácticamente se ve como una sal, de más cubre al cobre y en si la parte baja del vaso, estos cristales son verdosos claros que al sol se ven en el centro transparentes.” Además, se resaltan las sustancias gaseosas formadas.</p>	
<p><b>Retroalimentación a modo de debate</b></p>	<p>El grupo es organizado y presenta sus actividades conforme a lo que se solicita, por medio de sus entregables, intervención y el debate se resaltan las siguientes explicaciones realizadas por los estudiantes:</p>	

	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Los metales y medios se ven rodeados por una gran cantidad de burbujas lo que podría ser o por una liberación de gases producto de reacciones químicas o por gases disueltos en los medios.</li> <li>• Los óxidos de metal y combinan con el agua y forman hidróxidos “como en el caso del óxido de hierro que al combinarse con el agua hizo que se obtuviera un óxido ferroso o férrico de color rojizo”.</li> <li>• La capa de aceite hace que no pase el aire rápidamente a los montajes entonces los cambios de los montajes 2 son menores a los montajes 1.</li> </ul>	
<p><b>Conclusiones</b></p>	<p>Teniendo en cuenta las construcciones y explicaciones realizadas por el grupo de trabajo se resaltan las siguientes conclusiones:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Los montajes con mayores cambios fueron donde se encontraban trozos de hierro y el cloro como medio.</li> <li>• Se formaron muchos gases que se veían alrededor de los metales y en los medios, en el caso de los montajes que tenían aceite, aparecen como burbujas blancas entre el agua y el aceite.</li> <li>• El óxido no es uniforme en todos los metales, en realidad en el hierro es por partes y en el cobre se le hacen manchas que al intentar quitar con la uña no caen.</li> <li>• Los óxidos al combinarse con agua forman hidróxidos y sales se generan también, además de gases.</li> <li>• El grupo menciona que el hierro presenta corrosión debido a que las puntillas se deterioraron, en cambio el cobre no sufre deterioro.</li> </ul>	



Grupo 6	Criterio de observación	Registro fotográfico
<p><b>Comparando resultados entre el montaje 1 y el montaje 2</b></p>	<p><b>Metal</b></p> <p>El grupo es descriptivo en cuanto a los cambios que ocurren en los metales a lo largo del tiempo, se resalta que son el único grupo que menciona que “el cobre en contacto con el vinagre inmediatamente toma un color como rosado claro y el hierro como un negro opaco, es como si se les cayera la capa que los protege de la oxidación”. Además, se habla de la formación de unas sustancias denominadas “óxidos que surgen de la combinación de los metales con oxígeno que está disuelto en los medios, pero al poner la capa de aceite no pasa el oxígeno suficiente para reaccionar rápido”.</p>	
	<p><b>Medio</b></p> <p>A partir de los cambios de los metales, el grupo considera que el medio que más rápido influye en las transformaciones de los metales es el vinagre al hacer “caer la capa protectora”. Los medios cambian de color, en el caso de los montajes del cobre a colores verdosos más claros en los montajes con aceite y tonos rojizos con el hierro. En todos los montajes se ve una especie de “óxido que primero está adherido al metal y con el tiempo se cae y queda en el fondo de los vasos, eso parece como lodo”.</p>	
	<p><b>Tiempo- inhibición</b></p> <p>Se resalta el efecto del tiempo en los cambios de los metales, por un lado, mencionan que el aceite y el vinipel formaron capa “aislantes de la oxidación” pero también que “hubo corrosión en el primer montaje del vinagre porque las “primeras capas del tornillo” se habían deteriorado a lo que estaba con un color negro. El primer montaje tenía unos cristales color calipso. (Las sales de cobre (II) en disolución son azules), esto pasa por la oxidación del cobre. También en el tornillo hubo oxidación en los dos montajes del agua, que el agua se puso amarillenta por la oxidación del metal, pero cada vez era más notable al pasar más y más tiempo, esto no ocurrió al poner la capa aislante”</p>	




	<p><b>¿Nuevas sustancias por qué?</b></p> <p>Desde las primeras intervenciones generadas por los integrantes del grupo se habla de nuevas sustancias, como si fueran “una serie de reacciones” los estudiantes mencionan que “cuando se caen las capas que protegen a los metales estas reaccionan con los medios y forman nuevas sustancias, por eso se ven gases, unas sustancias lodosas y otras que están adheridas a los metales, esto sucede con el hierro y con el cobre”. Los estudiantes mencionan que “la viscosidad que había en el segundo montaje del cloro con cobre y hierro generó manchas también. En el vinagre la viscosidad/mucosidad está en la superficie en forma de bola. En el primer montaje hubo cristales color calipso por la oxidación del cobre.”</p>	
<p><b>Retroalimentación a modo de debate</b></p>	<p>Al realizar sus explicaciones, se resaltan algunos de los aspectos claves del grupo:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• El medio que mayores cambios y más rápido reaccionó fue el vinagre (se resalta debido a que ningún grupo lo mencionó antes).</li> <li>• El aceite y el vinipel sirven como “inhibidores de reacción” que retrasan o controlan un poco las condiciones de la reacción.</li> <li>• Los medios cambian de color, disminuye su volumen, pero se vuelven un poco más “viscosos o densos” de pronto porque son nuevas sustancias o contienen sustancias nuevas.</li> <li>• En los montajes con “el cloro se ven los mayores cambios en cuanto a color, es donde más sustancias de colores diferentes se ven, pero los metales en agua se cubren de óxido al punto de que no se pueden ver dentro del vaso, por lo tanto, en el agua se produce más sustancia lodosa”</li> </ul>	

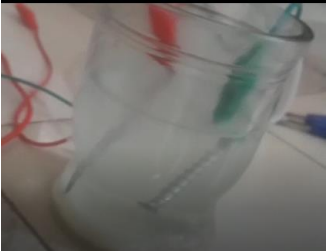
<p style="text-align: center;"><b>Conclusiones</b></p>	<p>Se resaltan los siguientes aspectos a modo de conclusión de las actividades en torno a las transformaciones de los metales:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● Los medios en contacto con cobre generan sustancias verdosas-azules y el hierro sustancias amarillas-rojizas y negras.</li> <li>● Se liberan sustancias gaseosas, unas que parecen lodo y otras que se disuelven en los medios y hacen que cambien de color.</li> <li>● El tiempo, la humedad y la temperatura influyen en los cambios de los metales, además de las capas o barreras que se pongan como “inhibidores de reacción”</li> <li>● “Los metales finalmente se corroen porque todos cambian físicamente, es decir, todos se cubrieron por capas de óxido, pero al quitarlas quedaron huequitos o se les cayeron las puntas”</li> <li>● Los medios cambian de color, pero también disminuye su volumen y se forman unas nuevas sustancias en el fondo.</li> </ul>	
--	--	---


Imágenes del anexo. Elaboración propia




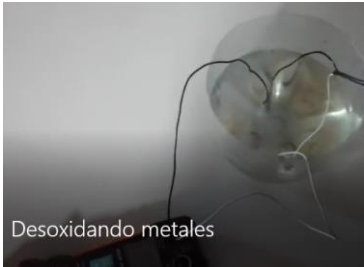

Anexo 5. Sistematización de trabajo en aula. Fase 4: El metal se desoxida.


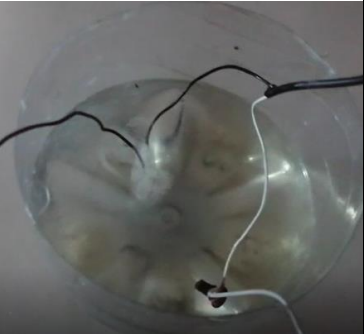
Grupo 1	Criterio de observación	Registro fotográfico
<p>Desoxidación de los metales de los montajes 1 y 2</p> <p>Vargas, López y Prieto</p>	<p><b>¿Cómo quedan los metales después del proceso?</b></p> <p>Los estudiantes resaltan en gran medida los cambios que se producen en el hierro ya que en el cobre no se presentan muchos cambios según el grupo, ellos mencionan “claramente se notan más los cambios en los montajes con hierro ya que durante todos los montajes este tuvo más cambios, se nota la oxidación en el ánodo y el paso de la corrosión por el cátodo ya que se ve como pierde gran cantidad de el volumen "original" de la puntilla, mientras que en el cobre se nota todo lo anterior dicho en mucha menor medida”.</p> <p>En los electrodos utilizados ellos también notan cambios físicos e indican “El cátodo quedó con los cambios que sufrió en el momento de oxidación, no como estaba originalmente, para nada, tenía muchas cicatrices y cambios. “El ánodo quedó con algunas rugosidades de más en la parte de la cabeza y rosca; es mínima, casi imperceptible y tiene un resquebrajamiento en la parte de la cabeza”.</p>	
	<p><b>Características de lo que se desprende de los metales en el medio:</b></p> <p>El grupo tiene en cuenta que las sustancias se desprenden de los metales en el proceso de electrólisis y estas sustancias se disuelven en el agua con sal. “Las sustancias que desprenden son de un tono más claro y se desprenden en forma de burbujas”. “La solución de agua con sal, en la electrólisis actúa como electrolito y un electrolito lo que hace es que como tiene iones libres permite ser un conductor de electricidad, y su concentración afecta en cómo funcionan como conductores”</p>	
	<p><b>¿Cómo se explican las reacciones que están sucediendo en los montajes?</b></p> <p>Los estudiantes tienen presente que en la desoxidación se pueden generar reacciones muy similares a las presentadas en montajes anteriores. “Se podría decir que se producen las mismas reacciones, pero no en el mismo estado, la forma en la que las sustancias eran expulsadas era mediante gas y esta solución cuenta con sal, por lo tanto, cambia la composición de la sustancia obtenida.</p>	

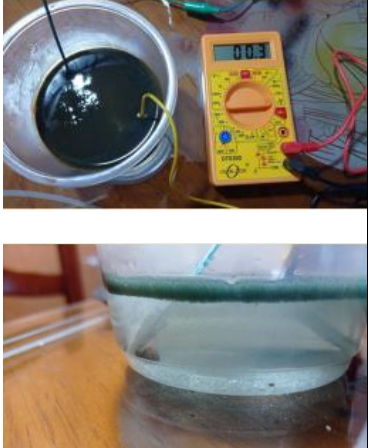
	<p><b>Diferencia entre oxidación y corrosión:</b>          Los estudiantes tienen en cuenta que en todo el proceso hay cambios superficiales y severos, los primeros son asociados con oxidación y los segundos con corrosión. “El metal tiene marcas, una especie de rayones y su textura es menos liza. Al formar parte del proceso químico cambia su apariencia, pero no noto cambios severos, por lo tanto, no llegó a afectar su composición, algunas partes del clavo se les hicieron a algunos rayones y se despedazó muy poco en la cabeza del clavo.</p>	
	<p><b>Tiempo de desoxidación:</b>          El grupo identifica que el tiempo de desoxidación es corto en comparación con la oxidación generada en los anteriores montajes “mientras uno se estaba desoxidando el otro metal que era el ánodo se iba oxidando, este proceso realmente es muy rápido de elaborar y se demora en promedio unos 10 minutos”.</p>	
<p>Retroalimentación a modo de debate</p>	<p>Después de realizar las diferentes actividades, se considera que el grupo resalta en la retroalimentación de la actividad que sus cambios más significativos estuvieron en torno a los cambios de tipo físico que ocurrieron en los metales, además, que por el proceso de la electrólisis se puede oxidar y desoxidar el metal por conducción de la energía. Se tiene en cuenta la siguiente cita verbal de uno de los integrantes del grupo “la electrólisis fue como un proceso donde se puede oxidar y a la vez desoxidar los metales, lo de resaltar sería que uno se demora poco tiempo oxidando, comparándolo con los montajes realizados en clase”.</p>	
<p>Conclusiones</p>	<p>De la actividad anterior se concluye que:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● Algunas partes del clavo se les hicieron a algunos rayones y se despedazó muy poco en la cabeza del clavo.</li> <li>● Los estudiantes relacionan la oxidación con formación de sustancias superficiales y la corrosión con transformaciones en el aspecto físico de los metales.</li> <li>● Las burbujas son de gran importancia para ellos, porque esto es indicador de formación de nuevas sustancias.</li> <li>● El grupo menciona que a través de la electrólisis se pueden oxidar y desoxidar los distintos metales utilizados en los montajes.</li> </ul>	

Grupo 2	Criterio de observación	Registro fotográfico
<p>Comparando resultados entre el montaje 1 y el montaje 2</p> <p>franco, Díaz, ladino, Douglas</p>	<p><b>¿Cómo quedan los metales después del proceso?</b> El grupo se enfoca en los cambios visibles en el metal y asocia el deterioro del metal con los cambios ocasionados en los montajes 1 y 2 “Es muy evidente un deterioro mayor en un metal que en otro, ya que se pudo observar que en una de las puntillas ya no había nada de óxido, pero la otra resultó con más óxido pegado” “Se evidencia un color rojizo Debido a la oxidación y cambio de ambiente teniendo en cuenta el contacto con los componentes”</p> <p><b>Características de lo que se desprende de los metales en el medio:</b> El grupo no se enfoca en las coloraciones que adquiere la solución sino en la función que tiene la solución con sal, aunque no son muy precisos en sus explicaciones “La solución del agua tiene la función de transportar la electricidad para que se desprenda el óxido, entre más fuerte sea la solución más oxidación habrá”.</p> <p><b>¿Cómo se explican las reacciones que están sucediendo en los montajes?</b> Las reacciones que se producen en el montaje se asemejan con las de los montajes anteriores, los estudiantes indican que mientras un electrodo se desoxida otro se oxida “Sale un poco de óxido. Mientras que a un metal se le caía, al otro le salía”. “Las sustancias nuevas son diferentes debido a que el ambiente hace que cambie la composición de electrones al estar en contacto con un ambiente diferente una de las principales características de las sustancias es que son rocas conformadas por óxido y sales”</p> <p><b>Diferencia entre oxidación y corrosión:</b> Los estudiantes no tienen en cuenta muchos aspectos que se derivaron de los experimentos, por lo tanto, no logran realizar una distinción o no lo mencionan en sus explicaciones, sin embargo, saben que el deterioro es un proceso que se deriva de la corrosión del metal.</p>	
	<p><b>Tiempo de desoxidación:</b> Se evidencia que el tiempo de desoxidación es mucho más corto en el montaje de electrólisis en comparación con el proceso de oxidación que tardó dos semanas aproximadamente “En cuanto al tiempo que se demora el proceso, fue entre 1 a 2 horas”.</p>	
<p>Retroalimentación a modo de debate</p>	<p>Durante la retroalimentación de las actividades, el grupo expone que el proceso de desoxidación en el cobre fue mucho más largo en comparación con el hierro el cual solo duró 2 horas y el cobre 12 horas. El grupo explica que entre los metales y los medios se generan interacciones que implican cambios de tipo permanente en los metales, ellos argumentan que “los metales cambian en</p>	

	contacto con los medios y con el ambiente, es como si al estar con más oxígeno más cambios se dieran”.	
Conclusiones	<p>Algunas conclusiones que se derivaron de la actividad se presentan a continuación</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● Al lijar el metal no vuelve a su estado original ya que quita esa capa protectora que tenía lo cual hace que sea más fácil que tenga cambios.</li> <li>● Los metales que más tuvieron cambios significativos fueron las puntillas de hierro, esa sustancia es más difícil de limpiar.</li> <li>● la capa que se generó en los metales es como un protector que hace que los cambios se destaquen en más tiempo</li> </ul>	

Grupo 3	Criterio de observación	Registro fotográfico
<p>Comparando resultados entre el montaje 1 y el montaje 2</p> <p>Rubiano, lineares, cuadrado</p>	<p><b>¿Cómo quedan los metales después del proceso?</b></p> <p>Los estudiantes mencionan que durante el proceso se evidencian sustancias en el metal “Al parecer salen algunas burbujas de las puntillas, pienso que se tratan del óxido que sale del tornillo. El metal vuelve a tomar las características iniciales, solo que no vuelve a tener el brillo que tenía inicialmente, sin embargo, no queda con óxido, lo cual genera un cambio extremadamente grande”.</p>	
	<p><b>Características de lo que se desprende de los metales en el medio:</b></p> <p>Las características que destaca el grupo son comparativas con montajes anteriores y destacan las partes importantes del montaje de electrolisis “salen algunas burbujas blancas del metal, aunque estas ya las había visto en el montaje con la capa de aceite sellado con papel vinipel que habíamos realizado en clase anteriormente”.</p> <p>En el montaje “Para asegurar una buena conductividad eléctrica, no es suficiente el agua pura por lo que se debe agregar un electrolito, como el ácido sulfúrico o cloruro de sodio. Al disolverse en agua, la sal se disocia en iones con una pequeña carga eléctrica. Por ello, si se introducen los extremos de un circuito eléctrico en una disolución de sal, el movimiento de las partículas cargadas (iones) permitirá el paso de la corriente eléctrica.</p>	
	<p><b>¿Cómo se explican las reacciones que están sucediendo en los montajes?</b></p> <p>Los estudiantes indican que “se puede oxidar un metal haciendo uso de la electrólisis, debido a que, si introducimos dos electrodos en la solución, y los conectamos a una fuente de corriente continua, los iones negativos se dirigen hacia el polo positivo. Una vez allí se oxidan, perdiendo electrones. El proceso demora la misma cantidad de tiempo que tarda una reducción de óxido por electrólisis”.</p>	
	<p><b>Diferencia entre oxidación y corrosión:</b></p> <p>El grupo indica que el proceso ha hecho que los metales se desoxiden, sin embargo, en cuanto a corrosión no mencionan nada en específico “se retira la capa total de óxido de la puntilla, de igual manera los restos de óxido que quedaron luego de la electrólisis”.</p>	

	<p><b>Tiempo de desoxidación:</b></p> <p>El grupo menciona que el tiempo de desoxidación es corta en comparación con los montajes anteriores “pasados 10 minutos de comenzar el proceso, los metales se encontraban sin óxido, aunque algunas partes se encontraban aún oxidadas, por lo que se limpió suavemente con un cepillo sobre la superficie de los metales, y estos quedaron como "nuevos"</p>	
<p>Retroalimentación a modo de debate</p>	<p>El grupo explica que en los metales se dan diferentes cambios como en sus propiedades físicas, donde después de la electrólisis se pierde el brillo, el color inicial y aunque el óxido generado es posible quitarlo, los metales tienen unas partes donde se dan cambios permanentes.</p>	
<p>Conclusiones</p>	<p>Se destacan algunas conclusiones que el grupo destaca en sus explicaciones:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Los metales se encontraban intactos, como al principio, antes de usarlos, aunque estos habían tomado brillo en su superficie.</li> <li>• Se retira la capa total de óxido de la puntilla, de igual manera los restos de óxido que quedaron luego de la electrólisis.</li> </ul>	

Grupo 4	Criterio de observación	Registro fotográfico
<p>Comparando resultados entre el montaje 1 y el montaje 2</p> <p>Cárdenas, López, Paredes y Yepes</p>	<p><b>¿Cómo quedan los metales después del proceso?</b></p> <p>El grupo resalta los cambios del antes y después de los metales al someterse a la electrólisis, resaltan que la apariencia de la puntilla y el trozo de cobre al inicio era uniforme, es decir “se veía pareja la superficie del metal”, pero al someterse a los diferentes procesos y medios y finalmente a la electrólisis “se pueden observar cambios muy notorios, la puntilla de hierro al final en los tres procesos en el agua se adelgaza, en el vinagre se disuelve totalmente en el medio, quedó como polvo y en el cloro le quedaron diferentes manchas como con huequitos”.</p> <p>El grupo considera que los metales cambian totalmente su apariencia, tienen cambios físicos muy marcados, pero con el cobre no sucede lo mismo, “el cobre en vinagre queda de color palo de rosa y se adelgaza, en el agua no tiene muchos cambios porque al lijarla vuelve a estar como al principio y en el hipoclorito se cubre por cristales verdosos que al quitarlos por electrólisis quedan huequitos”.</p> <p><b>Características de lo que se desprende de los metales en el medio:</b></p> <p>El grupo identifica que por medio del proceso de electrólisis se obtienen coloraciones bastante parecidas a las de los montajes 1 y 2, identifican que “en la electrólisis y lo hecho con el cobre se obtiene principalmente una sustancia de color verde muy oscuro y con un poco de negro lo que hizo que el agua en menos de 5 minutos se oscureciera por completo, era de un tono parecido al óxido de cobre que en solución podría ser hidróxido de cobre. De la puntilla de hierro se observa una nueva sustancia alrededor de la misma, ya que empezó a salir óxido (sustancia de color café). Son las mismas sustancias de los montajes anteriores, es decir óxido que posiblemente también sería hidróxido, ya que de la puntilla de los montajes el óxido que se había generado en ella se empezó a desprenderse y quedar en el agua.</p>	



### ¿Cómo se explican las reacciones que están sucediendo en los montajes?

El grupo inicialmente intenta explicar lo que entienden por electrólisis, relacionándolo con la conducción de energía a los metales, hablan en términos de ánodos y cátodos. “En el caso de la puntilla sin oxidar le salieron unas pequeñas manchas de color amarillo y café es decir un poco óxido, algo mínimo. En el momento en el que se conectó el cargador y el multímetro, de esta salían burbujas como se puede ver en los videos, pero estas sustancias que se forman son muy parecidas a las de los montajes anteriores. Lo mismo sucede con el cobre, se dan reacciones entre los metales y el medio para que se produzcan por un lado en el ánodo nuevas sustancias y en el cátodo se caen las que estaban, es como si se disolvieran, puede ser que la energía acelera la aparición de esas sustancias”.





### Diferencia entre oxidación y corrosión:





Los estudiantes hacen la siguiente diferencia “después de la electrólisis a simple vista se le ve opaca, con superficie medio lisa porque tenía rayitas y huecos lo que podría ser corrosión, además se les cayeron las puntas a todas las putillas, pero al lijarla recobró el color plateado y brillante de una puntilla sin ser oxidada”; “Se puede decir que como los cambios en el cobre eran de menor magnitud no fue tan difícil después quitarle lo que los cubría, ya que al lijarlos recobraron un poco el brillo de ya estaba tomando un color amarillo, entre tonos verdes y negros, encima se hacía una capa de óxido y del trozo de metal sin oxidar salía una sustancia café clara es decir más óxido que después se mezcló en el agua con sal. Los otros y por esto después de ser lijados recobró un poco brillo y de sus puntas se cayó el poco cardenillo que tenía. también salían burbujas mientras estaba en el montaje y el cargador estaba conectado a la corriente, al igual que con los otros metales alrededor de este salía algo de óxido. Un cobre original sin oxidar, pero conservo un poco el color de palo de rosa, aunque no por completo”

Por lo tanto, se recoge del grupo, que se hace una diferenciación entre cambios permanentes y no permanentes, como el caso del brillo que en todos los metales vuelve a aparecer, pero solo si es lijado el metal de nuevo, pero se resalta el uso de la palabra corrosión y que dicen que se da cuando el metal no vuelve a ser el del inicio.

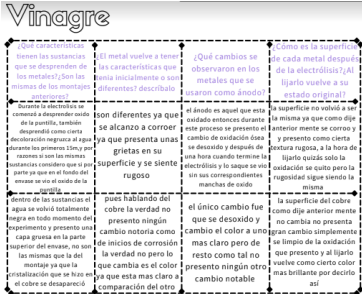








	<p><b>Tiempo de desoxidación:</b>  El grupo resalta que el tiempo fue bastante en el caso del cobre “fue necesario dejar conectado el circuito a la toma tres horas para ver grandes cambios, en cambio con el hierro a los 10 minutos ya había sustancias diferentes, el medio era oscuro, sucedió como en todos los montajes, el hierro reacciona más rápido que el cobre”.</p>	
<p>Retroalimentación</p>	<p>El grupo se preocupa por generar explicaciones de los cambios obtenidos y resaltados, se centran en cambios de orden físico en los metales y los medios, pero también en la naturaleza de las sustancias del ambiente que interactúan en los montajes. Se resalta el interés que muestra el grupo por entender el proceso de la electrólisis por conducción de energía. Una frase que se resalta del grupo que surge en el debate es “ocurren unos cambios irreversibles en los metales, porque al lijarlos se cae todo lo generado como óxidos e hidróxidos, pero los metales quedan deteriorados, o sea, queda el hierro sin los extremos y el cobre queda con pequeñas manchas oscuras”.</p>	
<p>Conclusiones</p>	<p>Se resaltan las siguientes conclusiones del trabajo elaborado por el grupo 4:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● Se hace una distinción entre las diferentes sustancias obtenidas por electrólisis y se comparan con las de los montajes 1 y 2.</li> <li>● Se habla de la electrólisis como un proceso que permite que las reacciones se den más rápidamente, resaltando que un metal se limpia y el otro se oxida.</li> <li>● Los colores y el estado de las sustancias son de gran interés para el grupo, ya que de esta forma las pueden caracterizar.</li> <li>● Se refieren a corrosión como “cambio irreversible del metal” y de oxidación como “formación de óxidos o hidróxidos”.</li> </ul>	

Grupo 5	Criterio de observación	Registro fotográfico
<p>Comparando resultados entre el montaje 1 y el montaje 2</p>	<p><b>¿Cómo quedan los metales después del proceso?</b>  Los estudiantes identifican que los metales recobran varias de las propiedades que tenían antes de someterse a la interacción con los medios “El hierro vuelve a tener las características que tenía antes como el brillo, aunque la dureza se ve afectada y les salen manchas” y en el caso del cobre “casi no se ven cambios de la etapa inicial a la final, se podría que el cobre se mantiene casi intacto solo se ve más rosado”.</p>	
	<p><b>Características de lo que se desprende de los metales en el medio:</b>  Los estudiantes reconocen que las sustancias se desprenden de los metales ya oxidados, ellos argumentan “mirando básicamente lo que se desprende y se ve de color naranja y luego pasa a ser de un color más claro es como el óxido que se forma por capas alrededor de los metales y se revuelve con el agua”</p>	
	<p><b>¿Cómo se explican las reacciones que están sucediendo en los montajes?</b>  Los estudiantes explican lo siguiente “curiosamente al hacer la electrolisis se observa que uno de los metales se oxida porque se le forman las mismas sustancias de los que se dejaron sumergidos por días y el otro metal que ya estaba oxidado se le caían, puede ser que se den las reacciones entre los metales y los líquidos por la electricidad”</p>	
	<p><b>Diferencia entre oxidación y corrosión:</b>  Los estudiantes dentro de sus explicaciones no usan la palabra corrosión, pero si el término oxidación, aunque dentro de sus explicaciones se hacen aproximaciones a la distinción de los términos, ellos explican que “al lijarlo todos los metales vuelven a la normalidad, pero con desgaste, sin sus extremos y en el cobre quedan con manchas, por eso al estado original del todo no vuelven, pero se pueden recuperar después de lijarnos”.</p>	
	<p><b>Tiempo de desoxidación:</b>  Los estudiantes explicando que seguramente este proceso depende de varios factores, como el tamaño del objeto a desoxidar, el tipo de metal que se desoxidara “debido a que con el hierro fue rápido el proceso en cambio con el cobre se tardó el triple en caerse todo el óxido”, otro factor que resaltan son los colores obtenidos en los medios de la combinación de las sustancias.</p>	

Retroalimentación a modo de debate	Los integrantes del grupo resaltan en el momento de la retroalimentación los cambios más significativos ocurridos principalmente en los metales y en los medios producto de la electrólisis “aparecen sustancias nuevas, en el caso del hierro que solo estaba lijado, es como si el metal que estaba oxidado ahora estuviera oxidado y el otro quedo sin nada que lo cubriera” además, se centran el tiempo de la oxidación y desoxidación, ellos explicaban que “el hierro se demora mucho menos que el cobre en la oxidación y en la electrólisis, es como si el cobre no sufriera cambios tan rápido, como si fuera más resistente a los cambios”.	
Conclusiones	Se resaltan los siguientes aspectos de la última experiencia: <ul style="list-style-type: none"> <li>● los estudiantes resaltan que mientras un metal se oxida el otro se limpia.</li> <li>● El tiempo de desoxidación del cobre fue el triple del tiempo empleado en el hierro.</li> <li>● El hierro sufre cambios más drásticos, en cambio el cobre parece no tener tantos cambios al desoxidar.</li> <li>● Se resalta que el vinagre limpia los metales, el agua no produce muchos cambios y en el hipoclorito los metales se manchan o aparecen agujeros.</li> </ul>	

Grupo 6	Criterio de observación	Registro fotográfico
<p>Comparando resultados entre el montaje 1 y el montaje 2</p>	<p><b>¿Cómo quedan los metales después del proceso?</b>  El grupo describe que el metal no vuelve a tener las mismas características del metal en estado inicial “la superficie no volvió a ser la misma ya que como dije anteriormente se corrió y presentó como cierta textura rugosa, a la hora de lijarlo quizás solo la oxidación se quitó pero la rugosidad sigue siendo la misma” en cambio “la superficie del cobre como dije anteriormente no cambia no presenta gran cambio simplemente se limpió de la oxidación que presentó y al lijarlo vuelve como cierto color más brillante por decirlo así pero el cobre definitivamente se vuelve más débil”</p>	 <p>The screenshot shows a document titled "Vinagre" with a table of observations. The table has four columns: "¿Qué cambios se observaron en los metales que se usaron como ánodo?", "¿Qué cambios se observaron en los metales que se usaron como cátodo?", "¿Qué cambios se observaron en los electrolitos?", and "¿Qué cambios se observaron en el medio?". The text in the table is partially obscured but seems to discuss the results of an experiment involving metal corrosion in vinegar.</p>
	<p><b>Características de lo que se desprende de los metales en el medio:</b>  Las sustancias que se desprenden son de apariencia terrosa en su mayoría, en el cobre son de color verdoso y en el hierro como rojizo a café oscuro “Durante la electrolisis con el hierro se comenzó a desprender oxido de la puntilla, también desprendió como cierta decoloración negruzca al agua durante los primeros 15 minutos y por razones si son las mismas sustancias consideramos que si por parte, ya que en el fondo del envase se vio el óxido de la puntilla” en el caso del cobre “Las sustancias que boto el experimento del cobre fue oxido y el agua empezaba a cambiar de color a un poco café pero después quedó verde”</p>	
	<p><b>¿Cómo se explican las reacciones que están sucediendo en los montajes?</b>  Se entiende que por medio de la electrólisis se generan una serie de reacciones entre los medios y los metales, los estudiantes explican “Las sustancias que se dieron en los experimentos por electrolisis en el cobre fueron óxidos o hidróxidos y los medios empezaban a cambiar de color a un poco café, pero después quedo verde en el cobre”</p>	
<p><b>Diferencia entre oxidación y corrosión:</b>  El grupo realiza la diferenciación entre la oxidación y la corrosión de los metales, en el caso del hierro se identifica que “La parte superior de los metales tuvieron varios cambios como colores más gastados o degradados, en el caso del hierro se desgastaron, les salieron huequitos y manchas por lo tanto llegó a corroerse, en cambio el cobre no sufre muchos cambios, es como más resistente comparándolo con el hierro, no llega a corroerse”.</p>		

	<p><b>Tiempo de desoxidación:</b>  Los estudiantes explican que con el hierro el proceso fue un poco más rápido, en cambio con el cobre fue demorado “con el hierro el tiempo fue aproximado de 1 hora ayudando con una espátula en la remoción del óxido, en cambio en el cobre fue demorado el proceso, fue como de 3 horas”, “consideramos que mientras un metal se oxida el otro se corroía, de pronto por este método nos hubiéramos ahorrado el mes de oxidación de los metales”.</p>	
<p>Retroalimentación a modo de debate</p>	<p>Este grupo en diferencia de los anteriores, centró sus explicaciones en torno a los cambios “permanentes de los medios y los metales”, acá resaltando que “el cobre produce unas sustancias nuevas y diferentes que al desoxidarlas o quitarlas por electrólisis se caen al medio y esto produce cambios en los medios, pero al lijarlo queda parecido a como estaba al inicio, solo un poco más débil, en cambio en el hierro si ocurren cosas como drásticas, porque el hierro queda sin los extremos, es como si se disolviera por partes o por capas y eso que se desprende se combina con los medios y se forman sustancias nuevas y creemos nosotros que no dejan de formarse cosas nuevas, es como si las combinaciones se dieran todo el tiempo”.</p>	
<p>Conclusiones</p>	<p>Se resaltan las siguientes conclusiones de la última fase de la serie de actividades por parte del grupo 6:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● Los estudiantes explican que la corrosión la relacionan con daños en los metales que no se pueden mejorar y la oxidación como formación de sustancias como óxidos.</li> <li>● Los cambios principales de los metales se encuentran en torno a lo físico, como los cambios de color, textura, sustancias nuevas y brillo.</li> <li>● Al lijarse los metales pueden recobrar el brillo como en el caso del hierro, pero quedan con marcas permanentes que se pueden quitar solo lijando bastante.</li> </ul>	

Imágenes del anexo. Elaboración propia