

**LA FENOMENOLOGÍA EN TORNO A LA DISOCIACIÓN ELECTROLÍTICA: UN
ABORDAJE DESDE EL ANÁLISIS HISTÓRICO-CRÍTICO DEL DESARROLLO DE LA
ELECTROQUÍMICA**

Trabajo para optar al título de Licenciatura en Química

Presentado por:

Javier Alejandro Rodríguez Triana

Código: 2016115059

Director

SANDRA SANDOVAL OSORIO

Línea de investigación: la enseñanza de las ciencias desde una perspectiva fenomenológica

Grupo de investigación: Estudios Histórico Críticos y Enseñanza de las Ciencias

**UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL
FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA
LICENCIATURA EN QUÍMICA
BOGOTÁ D.C., COLOMBIA.**

2021

AGRADECIMIENTOS

Agradezco primero que todo a mi madre María Gloria Triana por su entero sacrificio, amor, apoyo, esfuerzo, y quien dio lo mejores años de su vida y su salud para brindarme la educación que me permitió llegar a este momento y a quien le debo todo lo que soy y seré.

Así mismo, agradezco a mi familia y en especial a mis hermanas por su apoyo incondicional, su ayuda y comprensión que han contribuido a mi formación personal y profesional.

Agradezco también a mi compañera de vida Johana Calderón Morales por su amor, cariño, confianza, perseverancia, comprensión y apoyo en todo este tiempo.

Agradezco igualmente a mi directora Sandra Sandoval Osorio por su apoyo, consejos, guía, ayuda y paciencia en la realización de este trabajo.

Agradezco también a los evaluadores Diego Alexander Blanco y Diana Catalina Carrión por sus aportes, consejos y contribuciones en la construcción, desarrollo y culminación de este trabajo.

Agradezco también al profesor Jaime Augusto Casas, quien me ayudó y me aconsejó en momentos difíciles y por lo cual le estoy muy agradecido.

También quiero agradecer a mis mejores amigos, con los cuales llevo más de una década de amistad sincera, quienes me apoyaron y me animaron en muchas ocasiones.

Por último, agradezco a cada una de las personas, amigos, compañeros, profesores de la Universidad Pedagógica Nacional que hicieron parte de mi formación y aprendizaje en todos estos años y por lo cual les estoy eternamente agradecido.

CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN	8
1. ANTECEDENTES	10
1.1. Conducción eléctrica en gases y el cuarto estado de la materia. La historia y la experimentación en los procesos de enseñanza-aprendizaje de la Física.....	10
1.2. Unidad didáctica de electroquímica diseñada para evaluar las competencias básicas-procedimentales e investigativas desde un enfoque socio-formativo.....	10
1.3. Las definiciones de conceptos químicos básicos en textos de secundaria	11
2. DESCRIPCIÓN Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	12
2.1. PROBLEMA	12
2.2. PREGUNTA PROBLEMA	13
3. OBJETIVOS	14
3.1. OBJETIVO GENERAL	14
3.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS	14
4. METODOLOGÍA	15
4.1. CLASE DE INVESTIGACIÓN	15
4.2. DESCRIPCIÓN DE LA METODOLOGÍA	15
4.3. PRUEBA PILOTO Y VALORACIÓN DEL MATERIAL DIDÁCTICO	17
4.4. CRITERIOS DE ANALISIS	17
5. RELACIÓN IÓN Y DISOLUCIONES EN EL FENÓMENO DE DISOCIACIÓN ELECTROLÍTICA	18
5.1. Inicios de las disoluciones	18
5.2. Mirada atómica de Gassendi para las disoluciones	20
5.3. Fuerzas de atracción en las disoluciones	21
5.4. Disociación y la idea de ión.	22
5.5. Relación: Disolución electrolítica – ión.....	23
5.6. Experimentos relevantes en la relación conceptual de disociación electrolítica y el ión	24
5.7. Perspectiva de la enseñanza con relación al diseño del material.....	31

6. LOS DESARROLLOS EXPERIMENTALES DEL DOCENTE Y MATERIAL DIDÁCTICO.	32
6.1. Actividad experimental previa	32
6.1.1. Metodología de la actividad experimental previa	32
6.2. Material didáctico desarrollado	34
6.2.1. Actividad introductoria: Mirada al desarrollo histórico de la disociación electrolítica. 34	
6.2.2. Actividad Experimental: Distancia entre electrodos.....	35
6.2.3. Actividad Experimental: Efecto temperatura y la conductividad eléctrica.	37
6.2.4. Actividad Experimental: Efecto dimensiones de electrodos.	38
6.2.5. Actividad Experimental: Efecto concentración de electrolito.	41
6.2.6. Actividad Experimental: Efecto naturaleza química del electrolito.....	43
6.2.7. Actividad de cierre.	44
7. RESULTADOS Y ANÁLISIS	45
7.1. Resultados y análisis de la actividad experimental previa.....	45
7.2. Resultados y análisis de implementación del material didáctico desarrollado	51
7.2.1. Resultados y análisis de la actividad introductoria	51
7.2.2. Resultados y análisis de las actividades experimentales.	59
7.3. Resultados y análisis de actividad de cierre.....	64
CONCLUSIONES	70
RECOMENDACIONES	72
BIBLIOGRAFÍA	73
ANEXOS	74

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Ilustración Fig. 5 y Fig. 6.....	25
Figura 2. Ilustración Fig. 8	26
Figura 3. Ilustración Fig. 12.....	27
Figura 4. Ilustración del montaje realizado para el experimento.....	32
Figura 5. Imagen fig. 5.....	39
Figura 6. Imagen fig. 6.....	40
Figura 7. Imagen fig. 7.....	40
Figura 8. Ilustración del montaje para la actividad experimental	43
Figura 9. Intensidad de corriente vs distancia entre electrodos, prueba No 1, concentración 1..	46
Figura 10. Intensidad de corriente vs distancia entre electrodos, prueba No. 1, concentración 2.	47
Figura 11. Intensidad de corriente vs distancia entre electrodos, prueba No. 1, concentración 3.	47
Figura 12. Intensidad de corriente vs distancia entre electrodos, prueba No. 1.....	48
Figura 13. Intensidad de corriente vs distancia entre electrodos, prueba No. 2, concentración 1.	49
Figura 14. Intensidad de corriente vs distancia entre electrodos, prueba No. 2, concentración 2.	49
Figura 15. Intensidad de corriente vs distancia entre electrodos, prueba No.2, concentración 3.	50
Figura 16. Intensidad de corriente vs distancia entre electrodos, prueba No. 2.....	50
Figura 17. Intensidad de corriente vs distancia entre electrodos, prueba No. 3, concentración 1.	51
Figura 18. Intensidad de corriente vs distancia entre electrodos, prueba No. 3, concentración 2.	51
Figura 19. Intensidad de corriente vs distancia entre electrodos, prueba No. 3, concentración 3.	52
Figura 20. Intensidad de corriente vs distancia entre electrodos, prueba No. 3.....	52

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Aspectos conceptuales y experimentales que orientan el diseño del material didáctico.	16
Tabla 2. Experimentos relevantes en la relación conceptual de disociación electrolítica y el ión.	25
Tabla 3. Reactivos, Materiales y equipos usados en la actividad experimental previa.	32
Tabla 4. Aportes históricos más señalados en las líneas de tiempo.	53
Tabla 5. Comentarios más destacados de los estudiantes a partir de la lectura detallada	54
Tabla 6. Análisis de los comentarios realizados por los estudiantes	60
Tabla 7. Resultados de la actividad experimental: Distancia entre electrodos	61
Tabla 8. Resultados de la actividad experimental: efecto temperatura y la conductividad eléctrica.	62
Tabla 9. Resultados de la actividad experimental: Efecto dimensiones de electrodos	63
Tabla 10. Resultados de la actividad experimental: Efecto concentración de electrolito	64
Tabla 11. Resultados de la actividad experimental: Efecto naturaleza química del electrolito....	65

LISTA DE ANEXOS

	Pág.
Anexo 1. Actividad introductoria: Mirada al desarrollo histórico de la disociación electrolítica....	77
Anexo 2. Traducción conferencia Nobel “Desarrollo de la teoría de la disociación electrolítica” de Svante Arrhenius	78
Anexo 3. Actividad experimental: Distancia entre electrodos	91
Anexo 4. Actividad experimental: Efecto temperatura y la conductividad eléctrica.....	94
Anexo 5. Actividad experimental: Efecto dimensiones de electrodos.....	97
Anexo 6. Actividad experimental: Efecto concentración de electrolito.....	99
Anexo 7. Actividad experimental: Efecto naturaleza de electrolito.....	102
Anexo 8. Actividad de cierre y validación.....	104
Anexo 9. Resultados del desarrollo experimental realizado por el docente investigador	105

INTRODUCCIÓN

La comprensión y aprendizaje de diferentes fenómenos científicos involucra no solo el fundamento que dicta una teoría, sino que también hay que *“reconocer al conocimiento como una actividad humana, es decir, un proceso con un espacio y tiempo específicos y desde ese punto se puede pensar en orientar la enseñanza de las ciencias desde la perspectiva de propiciar el paso de una forma de ver el mundo a otra”* (Ayala, Malagón & Sandoval, citado por Acosta, 2015, p. 9).

En la enseñanza de las ciencias los aspectos teóricos tienen una relevancia superlativa para la comprensión de los fenómenos que se pueden ver en la naturaleza o en el universo, además de que representa un aspecto importante en el desarrollo de un individuo como miembro de una sociedad y de su supervivencia, ya que es primordial *“para la vida cotidiana, ejercer la ciudadanía, proseguir estudios posteriores, conseguir un empleo, ser científico o ingeniero, etc.”* (Acevedo, 2004, p. 5).

En procura de propiciar esta orientación de la enseñanza de las ciencias, se emplea el análisis histórico-crítico como *“una formación específica, donde quien se interese por estos estudios tenga contacto con documentos originales sobre determinada teoría, además de textos filosóficos donde el maestro aprenda a elaborar imágenes de los fenómenos relacionados con los planteamientos a abordar en la clase de ciencias”* (Acosta, 2015, p. 9), además de reconocer que los estudios histórico-críticos con perspectiva enmarcada *“en cuatro contextos: político, social, económico y cultural, esto en aras de consolidar una visión humanista de las ciencias y desarrollar una visión más general de por qué una teoría domina por sobre otras, en cuanto a su popularización en los currículos, y de ese modo desmitificar dichas teorías, para con esto poder proponer alternativas de enseñanza en el contexto de las ciencias”* (Garay citado por Acosta, 2015, p. 10).

De dicho análisis histórico-crítico, se realiza el diseño de material didáctico identificando las actividades experimentales que científicos como Faraday, Hittorf, entre otros, plasmaron en sus textos originales. En estas actividades experimentales se tienen en cuenta los factores que abordaron, en su momento, los desarrolladores de la electroquímica y cuyas contribuciones aportaron o consolidaron en el constructo de la teoría en torno a la fenomenología en la disociación electrolítica.

Por ello, este trabajo se estructura en cuatro (4) capítulos donde, el primero, consta de la metodología a desarrollar en el diseño, desarrollo e implementación del material didáctico y su respectiva validación y pertinencia; el segundo consta del análisis histórico-crítico en el cual se enfoca en los desarrollos empíricos y teóricos que contribuyeron a la construcción de la teoría de disociación electrolítica y su explicación a los fenómenos que pueden ocurrir en ella; el tercero se presenta las actividades desarrolladas por el

investigador previo al diseño del material didáctico que también es presentado de manera detallada, explicando el propósito de cada instrumento; el cuarto consta de los resultados obtenidos de la implementación del material didáctico desarrollado. Además, se destaca que el trabajo se realizó en articulación con el proyecto de investigación 2020-2021 del grupo de investigación EHCEC adscrito a la Universidad Pedagógica Nacional y a Minciencias.

1. ANTECEDENTES

El análisis histórico-crítico de fenomenologías en torno a la disociación electrolítica y el ión, en el desarrollo de la electroquímica, se puede abordar para distintos propósitos en el ámbito de la enseñanza de las ciencias. En este trabajo de grado se realizó una revisión de algunos proyectos y propuestas que han abordado fenomenologías, ya sea, desde un enfoque histórico-crítico, o desde otro enfoque vinculando temas relacionados a la electroquímica, las disoluciones, el ión (De manera general donde se incluye conceptos actuales como especie iónica, especie molecular, complejo de coordinación, etc.) o la disociación electrolítica.

1.1. Conducción eléctrica en gases y el cuarto estado de la materia. La historia y la experimentación en los procesos de enseñanza-aprendizaje de la Física.

En la Facultad de Ciencia y Tecnología de la Universidad Pedagógica Nacional, en El año de 2019, fue presentado, por parte de la estudiante Málory Alejandra Rodríguez Cuéllar, el proyecto “Conducción eléctrica en gases y el cuarto estado de la materia. La historia y la experimentación en los procesos de enseñanza-aprendizaje de la Física”. Este proyecto realiza el abordaje histórico-crítico de fenomenologías como la descomposición de las sustancias por efecto de la electricidad desde los trabajos de Berzelius y Grotthuss, continuando con los trabajos de Davy y Faraday, además, de un abordaje de la electrólisis y las nociones sobre la naturaleza de la electricidad. Teniendo en cuenta que esta descomposición de las sustancias tiene una relación y explicación en la fenomenología en torno al ión, este trabajo puede representar, desde el abordaje histórico-crítico a los mencionados aspectos, un aporte en la descripción de fenomenologías en actividades experimentales dentro del desarrollo de la electroquímica.

1.2. Unidad didáctica de electroquímica diseñada para evaluar las competencias básicas-procedimentales e investigativas desde un enfoque socio-formativo.

En la Facultad de Ciencia y Tecnología de la Universidad Pedagógica Nacional, en el año de 2016, fue presentado, por parte de la estudiante Polet González Fager, el proyecto “Unidad didáctica de electroquímica diseñada para evaluar las competencias básicas-procedimentales e investigativas desde un enfoque socio-formativo”. Este proyecto, aunque tiene un enfoque socio-formativo, que dista un poco de el enfoque histórico-crítico, presenta, en su referente disciplinar, un abordaje de la historia de la electroquímica y sus fundamentos que pueden proporcionar referentes para el abordaje conceptual de las fenomenologías en el desarrollo de la electroquímica y la aplicación de estos contenidos en contexto de la enseñanza de la ciencia.

1.3. Las definiciones de conceptos químicos básicos en textos de secundaria

En la revista Educación química, de la Universidad Nacional Autónoma de México, se publica, en año 2008, el artículo de Andrés Raviolo titulado “Las definiciones de conceptos químicos básicos en textos de secundaria” Este artículo muestra una revisión de conceptos químicos básicos en textos de secundaria en el que se hace una estadística del número de veces que es mencionado cada uno de estos conceptos. También se sistematiza el modo de referirse a cada uno de estos conceptos básicos, siendo uno de ellos, el “ión”. Esta revisión y análisis muestra la carencia de un adecuado abordaje de la fenomenología en torno al ión desde los textos que son usados por estudiantes y profesores en los procesos educativos, aportando un punto de vista para la problemática que se encuentra en el siguiente capítulo.

Teniendo en cuenta estos antecedentes se revela el aporte que tienen algunos proyectos previos en el sentido de que abordan, por un lado, temáticas de otro campo disciplinar mediante el estudio histórico-crítico y, por otro lado, el abordaje de conceptos dentro del campo de la electroquímica. Los estudios históricos-críticos en el campo de las ciencias y, puntualmente, en la electroquímica, permiten producir y analizar las fenomenologías en torno a, por ejemplo, la disociación electrolítica, desde el punto de vista de los científicos que participaron, desde sus experiencias, en la construcción de teorías de este fenómeno.

2. DESCRIPCIÓN Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

2.1. PROBLEMA

En el marco de la educación y, puntualmente, en la enseñanza de las ciencias se pueden presentar dificultades en el abordaje de fenomenologías relacionadas con el objeto de estudio de la química. Esto se puede ver a veces, en un primer análisis de los textos usados en la secundaria. Esto representa un problema ya que *“los libros de texto disponibles y utilizados por los profesores de química del nivel medio tienen una gran influencia en la enseñanza y aprendizaje en las aulas”* (Raviolo, 2008, p. 315) y si estos presentan fallas, estas se reflejarán en el proceso de enseñanza-aprendizaje de los estudiantes, además del hecho que *“en desmedro de la calidad de la enseñanza, para muchos docentes estos textos constituyen la única fuente de información sobre el contenido e inspiración para desarrollar propuestas didácticas”* (Raviolo, 2008, p 315).

Uno de los conceptos básicos de la química es el ión (como concepto general que comprende las diferentes especies iónicas, complejos de coordinación, etc.) y el abordaje de la fenomenología relacionada con él, permite la comprensión de otros aspectos de la química como el comportamiento de las disoluciones (acuosas u orgánicas).

En una revisión de textos de química utilizados por docentes en el área de química se encuentra que el concepto de ión como: *“un átomo o grupo de átomos con carga eléctrica”* (Whitten, Davis, Peck & Stanley, 2014, p. 48); se enuncia características con respecto al ión como el concepto de cationes y aniones: *“Los iones con carga positiva, como el ión sodio, Na^+ , se llaman cationes; los que tienen carga negativa, como el ión cloruro, Cl^- , se llaman aniones”* (Whitten, Davis, Peck & Stanley, 2014, p. 48); también se menciona otros aspectos relacionados al concepto de ión como: *“Los iones poliatómicos son grupos de átomos con carga eléctrica”* (Whitten, Davis, Peck & Stanley, 2014, p. 48).

Si bien, los conceptos pueden coincidir con los aceptados actualmente, en ellos se incorporan pocas referencias con respecto a lo fenomenológico e histórico que complementen el concepto de ión y el de disolución electrolítica. Sin embargo, esta es una afirmación que en un futuro trabajo puede ser profundizada en un estudio de “estado del arte” o en un estudio de textos universitarios sobre estos tópicos.

El desarrollo experimental puede constituirse en una herramienta de trabajo para diferenciar el comportamiento de las sustancias en solución, y para comprender que es a partir del estudio de estos comportamientos, los factores que lo afectan y los efectos que se producen en donde tiene importancia el concepto, por lo cual este no es *a priori*.

A partir del análisis de los textos de los científicos que dieron paso a esta relación entre el comportamiento de las disoluciones y el planteamiento de ión, se diseñan un conjunto de actividades experimentales para ser trabajado con un grupo pequeño de estudiantes

de la licenciatura de química (2021-1) que desarrolló las practicas propuestas y cuyo acercamiento al material se constituye en una herramienta para la comprensión de esta fenomenología y, es por ello que hemos enunciado el problema como sigue:

2.2. PREGUNTA PROBLEMA

¿Qué aportes conceptuales y experimentales se pueden derivar de un análisis histórico-crítico del desarrollo de la electroquímica para abordar la fenomenología relacionada con el ión?

3. OBJETIVOS

3.1. OBJETIVO GENERAL

- Identificar los elementos experimentales y conceptuales a tener en cuenta en la enseñanza, a partir de la realización de un análisis histórico – crítico, en torno a la fenomenología de la disociación electrolítica y el ión, durante el desarrollo de la electroquímica.

3.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Distinguir elementos conceptuales y experimentales que permitan la construcción de un marco teórico referente a la descripción de la fenomenología en torno a la disociación electrolítica, a partir de un análisis histórico-crítico de textos originales de científicos que contribuyeron en el desarrollo de la electroquímica.
- Realizar las actividades experimentales que se derivan del análisis histórico-crítico, que permiten estructurar un material didáctico para ser valorado en la implementación con un grupo de estudiantes de la licenciatura en química (2021-1).
- Diseñar un material didáctico para que sea utilizado en contextos educativos en el ejercicio de la comprensión de la fenomenología de ión mediante actividades experimentales de la electroquímica.

4. METODOLOGÍA

4.1. CLASE DE INVESTIGACIÓN

Cualitativa: La investigación cualitativa se puede definir como una técnica descriptiva de recopilación de datos que se utiliza para descubrir detalles que ayudan a explicar el comportamiento (Typeform ©, 2019). Tiene un uso extendido en las ciencias sociales, y está basado en la apreciación e interpretación de las cosas en su contexto natural. En resumen, la investigación cualitativa nos ayuda a comprender el por qué, cómo o de qué manera subyacente se da una determinada acción o comportamiento (Typeform ©, 2019).

Los datos cualitativos son usados para describir un aspecto, en lugar de medirlo. Se compone de impresiones, opiniones y perspectivas. (son todo lo que se describe o explica, desde observaciones de una interacción hasta citas de personas sobre sus experiencias, actitudes, creencias y pensamientos. También se puede representar en palabras, imágenes, video, audio, transcripciones, etc.” (Typeform ©, 2019).

La investigación cualitativa, bajo sus características, permiten el análisis de interpretaciones, opiniones, observaciones, experiencias que encajan con el tipo de resultados que se han de obtener en la implementación de los instrumentos a realizar, cuyas actividades se proyectaron en procura de que se involucre descripciones, diagramas, videos, transcripciones. etc.

4.2. DESCRIPCIÓN DE LA METODOLOGÍA

El proyecto se plantea en tres (3) fases de desarrollo descritas a continuación:

Fase I: Delimitación de la fenomenología en torno al ión, realización de aproximaciones histórico - críticas y configuración de explicaciones sobre las mismas en relación con el vínculo experimento – formalización, relacionados con los desarrollos experimentales en el campo de la electroquímica. Para ello acude a la revisión de documentos históricos originales y de fuentes secundarias que apoyen la producción de criterios para el estudio de la relación experimentación y la formalización en la enseñanza de las ciencias.

Como requisito para el diseño de este material didáctico se llevó a cabo, previamente, el diseño de algunas propuestas experimentales que relacionan la

fenomenología de las disoluciones con la conceptualización de ión, derivadas de los análisis histórico-críticos realizados. Luego del diseño y realización, es necesario estabilizar y asegurar los resultados de dichas propuestas experimentales (definiendo materiales, metodología, condiciones del entorno, etc.), para incorporarlas a la propuesta de trabajo en el aula.

Fase II: Diseño y realización de actividades de aula con el criterio de profundizar en la relación experimentación y la formalización de la fenomenología en torno al ión en el contexto de la enseñanza de las ciencias. Diseño, implementación y recuperación crítica de las propuestas dirigidas a la reflexión y análisis del trabajo experimental en la enseñanza de las ciencias en relación con la construcción de procesos de formalización.

Fase III: Consolidación de los hallazgos de la investigación y procesos de interpretación de las actividades desarrollada por el grupo de estudiantes, para lo cual se propone la discusión de las actividades de aula diseñadas e implementadas.

Orientación para el diseño del material

Las actividades experimentales representan un aspecto importante en los procesos de aprendizaje dentro de las ciencias como la química , ya que fortalece los procesos de aprendizaje mediante la experiencia y observación de diferentes fenómenos en un ambiente controlado; y así mismo juega un papel importante en la articulación por parte de los estudiantes, en fenómenos como la disociación electrolítica, entre los constructos teóricos realizados en torno a él y la experiencia y conocimiento empírico que se puede desarrollar mediante la experimentación.

En este sentido, los aspectos conceptuales y experimentales que se tuvieron en cuenta para orientar el diseño del material, en relación con los textos originales examinados se detallan en la tabla 1.

Científicos cuyos textos fueron examinados	Aspectos conceptuales y experimentales
Se examinó, principalmente, los textos originales de Arrhenius, Faraday y Hittorf.	Relación entre la disociación electrolítica y la conceptualización de ión.
	Factores que intervienen en la disociación electrolítica.
	Factores que intervienen en la conductividad eléctrica.

Tabla 1. Aspectos conceptuales y experimentales que orientan el diseño del material didáctico. Autoría propia.

4.3. PRUEBA PILOTO Y VALORACIÓN DEL MATERIAL DIDÁCTICO

Para valorar el material didáctico desarrollado, se realiza una prueba piloto de este con una población que corresponde a los estudiantes del espacio académico de Historia y epistemología de la química, adscritos al programa académico de licenciatura en química de la Universidad Pedagógica Nacional, en el periodo académico 2021-1.

4.4. CRITERIOS DE ANALISIS

El análisis de los instrumentos a diseñar se realizó en el contexto, en primera instancia, en la comprensión del contexto histórico, desde el ámbito social y, sobre todo, científico, de una determinada época durante el desarrollo de la electroquímica y la fenomenología en torno al ión.

En segunda instancia, otro aspecto a evaluar es la capacidad de interpretar las fenomenologías descritas en los instrumentos, los cuales, para su diseño, se toman como base, textos originales de distintos autores y científicos cuyo trabajo es superlativo en el desarrollo de la electroquímica y su fenomenología en relación al ión.

5. RELACIÓN IÓN Y DISOLUCIONES EN EL FENÓMENO DE DISOCIACIÓN ELECTROLÍTICA

En el estudio de la química, cuando escudriñamos en la historia del desarrollo de esta ciencia, se ha caracterizado porque muchos de los conocimientos teóricos que en ella han surgido proviene de años o siglos de desarrollo conceptual y análisis de experiencias por parte de muchos pensadores, filósofos, científicos, etc., que en su búsqueda de la comprensión del universo han logrado aportes significativos en la construcción de las diferentes teorías contenidas en dicha ciencia.

El ión y su fenomenología no es ajena a este proceso. El concepto de ión aparece en un inicio, en relación con los modelos con los que científicos como Hittorf, Faraday y Arrhenius representaban el fenómeno de conducción eléctrica y la acción de este en un medio electrolítico que se relaciona a su vez con las disoluciones.

5.1. Inicios de las disoluciones

La concepción de disoluciones, tal y como lo conocemos en la actualidad, tiene su inicio en antiguas civilizaciones donde se empezaba a explorar y reflexionar sobre la naturaleza y su composición. He aquí donde aparece la proposición de composición elemental de los cuerpos y todo lo observable, es decir, se propusieron algunos “elementos” como los principios formadores de toda la materia que formaba el universo. Una de estas proposiciones era como la que realizaba el célebre filósofo de la antigua Grecia, Aristóteles, cuyo pensamiento se basaba en que la materia estaba formada de los elementos agua, aire, tierra el fuego y la materia se transformaba cuando había cambios en las cantidades o proporciones de estos elementos en los cuerpos. De estas transformaciones de los elementos se decía que:

“creemos por observación que el agua se convierte en piedra y tierra por condensación, y viento y aire por subdivisión; el aire encendido se convierte en fuego, pero este cuando se condensa y se extingue, vuelve a tomar la forma de aire, y este último se transforma en niebla, que se funde en agua. Por último, las rocas y la tierra se producen a partir del agua ” (Arrhenius, 1912, p. 2).

En esta observación se evidencia que se concebía al elemento agua como un principio formador de materia y que mediante su transformación podía convertirse en otros elementos. Sin embargo, el agua es concebida como parte de un “ciclo elemental” donde

aún no se le da las características como disolvente (siendo esta una de las características que posee este compuesto) que se le otorga en la actualidad.

Los filósofos y pensadores antiguos, se embarcaban en la búsqueda de una “materia prima”: una sustancia que era capaz de transmutar o transformar determinadas sustancias en otras, sobre todo con los metales.

Esta materia prima fue llamada “el *"mercurio de los filósofos"* y considerada como el *"fantasma" de los metales, que era portador de las propiedades metálicas*” (Arrhenius, 1912, p. 2). Sin embargo, los pensadores de la antigua Grecia no eran los únicos que buscaban esta “materia prima: *"En Egipto, el plomo parece haber jugado un papel similar y, por lo tanto, recibió el nombre de "Osiris" de la deidad principal de los antiguos egipcios"* (Arrhenius, 1912, p. 2). El plomo era usado por los antiguos egipcios en distintas actividades y con distintos propósitos. No obstante, *"cuando se descubrió el mercurio, aproximadamente en la época de la guerra del Peloponeso, se encontró que era mucho más satisfactorio para disolver e impregnar metales que el plomo y, por lo tanto, se suponía que era la "materia prima"*” (Arrhenius, 1912, p. 3).

Esta búsqueda de la materia prima se relaciona con la búsqueda de la transformación de toda materia en agua ya que como menciona Isaac Hollandus *"los filósofos han seguido la dirección dada por la naturaleza y al principio transformaron todo en agua"* (Hollandus, citado por Arrhenius, 1912, p. 3) y esta pretensión de transformar todo en agua prevalece incluso en eras posteriores, ya que *"según Van Helmont (1577-1644), el mayor químico de su tiempo y descubridor del ácido carbónico¹ (gas silvestre). "el agua es el elemento principal en el que se pueden reducir todas las sustancias"*” (Arrhenius, 1912, p. 3).

Ya con la aparición de los denominados alquimistas se empieza a establecer algunos postulados que conllevan a desarrollos del concepto de disolución, tal como que *"la experiencia de los alquimistas se resumió bajo la fórmula "las sustancias no actúan entre sí a menos que se disuelvan"*” (Arrhenius, 1912, p. 4). En este momento se estableció por parte de los alquimistas el principio que luego permite mencionar que las sustancias pueden “reaccionar” o “transformarse” mejor si se encuentran en disolución. Por ello, los alquimistas emprenden la búsqueda de un disolvente universal que permita la disolución de todas las sustancias. Denominaron a este disolvente universal como “Alcahest”. El Alcahest *"era considerado como "la piedra de los sabios" o como el "Ufe-elixir" y se daban muchísimos recibos por su preparación"* (Arrhenius, 1912, p. 4).

¹ Actualmente se conoce que el ácido carbónico (H₂CO₃) se descompone espontáneamente en CO₂ y H₂O

5.2. Mirada atómica de Gassendi para las disoluciones

Los avances que se desarrollaron en la descripción de la fenomenología en torno a las disoluciones aún no contemplaban la composición de la materia. Se seguía con el pensamiento aristotélico sobre la composición de la materia en cuatro elementos. Sin embargo, en la Grecia antigua, otro pensador proponía una composición de la materia diferente a la de Aristóteles: *“Demócrito de Abdera (nacido en el 460 a. C.) había propuesto una teoría atómica, según la cual la materia consta de átomos discretos con intersticios vacíos”* (Arrhenius, 1912, p. 5). Apoyando este pensamiento *“Platón enseñó que las moléculas de una sustancia pueden entrar en los intersticios entre los átomos de otra sustancia”* (Arrhenius, 1912, p. 5) presentando una noción sobre la concepción actual que se tiene de disolución.

Sin embargo, por la autoridad y la oposición de Aristóteles, la teoría atómica fue dejada de lado y despreciada por casi dos milenios hasta que *“Gassendi (1592-1655) retomó y elaboró las ideas de Demócrito. Según Gassendi, varios átomos podrían unirse para formar moléculas”* (Arrhenius, 1912, p. 5). Por lo tanto, se dedujo que el comportamiento de una disolución *“depende entonces de las partículas de la sustancia, que se disuelve y entra en los poros del disolvente”* (Arrhenius, 1912, p. 5). No obstante, las ideas y atribuciones que le otorgaban a las disoluciones aún no se acercan al pensamiento actual y mucho menos se vislumbra una idea vaga sobre el ión. Se le atribuía al solvente espacios con formas geométricas en las cuales se acomodarán las partículas de un soluto, ejemplo:

“como las partículas de sal común se consideraban como pequeños cubos según la forma cristalina de esta sustancia, se decía que esta sal llenaba los poros de forma cúbica entre las partículas de agua. Si todos los poros cúbicos estuvieran así llenos, la solución salina estaría saturada y no podría disolver más sal” (Arrhenius, 1912, p. 5).

Por otro lado, se interpretaba de otra forma esta idea. La interacción entre soluto y solvente se interpretaba como lo menciona Reaumur *“el agua podía llenar los poros entre las partículas de cristales, p. ej., de ácido sulfúrico; esta es la primera vez que se menciona la idea del agua de cristalización”* (Arrhenius, 1912, p. 6).

No obstante, aún no se hallaba una teoría sobre las disoluciones que fuese satisfactoria, ya que, *“era necesario suponer todos los tipos posibles de intersticios en los diferentes disolventes y el poder disolvente ampliamente variable de diferentes disolventes no encontró explicación”* (Arrhenius, 1912, p. 6).

5.3. Fuerzas de atracción en las disoluciones

Aunque la teoría sobre las soluciones no era satisfactoria en la explicación de toda la fenomenología en torno a ellas, se incursionaba en una época que permitiría generar nuevos postulados y conocimientos que ayudarían en el desarrollo de una teoría mejorada sobre las soluciones. Newton, quien, para la época, era célebre por sus descubrimientos, supuso que *“la fuerza universal, actuando entre los cuerpos celestes, también era capaz de unir dos sustancias diferentes y provocar su unión en un nuevo sistema”* (Arrhenius, 1912, p. 6) proponiendo así la interacción entre las partículas que componen las sustancias por medio de la acción de fuerzas entre las mismas partículas. Como argumento a su postulado, Newton *“sostuvo que una sal se disuelve en agua si sus partículas ejercen una mayor atracción sobre las moléculas de agua que entre sí”* (Arrhenius, 1912, p. 6). Si bien, esta concepción se acerca a la percepción actual, no era aún satisfactoria debido a que *“no suponemos que las fuerzas químicas sean de la misma naturaleza que esa de la gravitación”* (Arrhenius, 1912, p. 7).

Por otro lado, *“se construyeron ahora las llamadas tablas de afinidad en las que se tabulaba el grado en que una determinada sustancia es soluble en un disolvente dado”* (Arrhenius, 1912, p. 7), y se empezó a nombrar esas fuerzas que mencionaba Newton, similar a la gravedad, como afinidad. Sin embargo, el paralelismo entre afinidad y gravedad no se pudo mantener debido a que la gravedad *“es independiente de las otras propiedades de las sustancias atrayentes y está determinada solo por su masa, mientras que la solubilidad depende en mayor grado del tipo de materia contenida² en el solvente y el soluto”* (Arrhenius, 1912, p. 7). Por ello Buffon realizó una modificación a los postulados de Newton *“según la cual la forma de las moléculas era de gran importancia en el fenómeno de la solución, donde las moléculas entran en contacto muy estrecho entre sí”* (Arrhenius, 1912, p. 7). Este postulado encontró gran aceptación por los químicos dado que *“Se encontró como regla general que prevalece una cierta semejanza entre dos sustancias que se mezclan entre sí en una solución (similia similibus solvuntur)”* (Arrhenius, 1912, p. 7), pensamiento que prevalece en la actualidad. Actualmente se nos enseña que las sustancias se disocian en iones cuando están en solución, dependiendo del grado de solubilidad que tengan con relación al solvente y otros factores que pueden afectar dicha solubilidad como la temperatura, concentración, pH entre otros. El grado de disociación de sustancias en una solución permite que se pueda presentar una mezcla entre ellas o entre solvente y soluto.

² En el contexto de Arrhenius, el tipo de materia contenida hace referencia a la naturaleza química del soluto y del solvente, y la afinidad que puede presentar con otras especies químicas.

5.4. Disociación y la idea de ión.

Si bien, en la teoría respecto a las disoluciones, se presentaban casos que no se podían abordar de forma satisfactoria, ciertas disoluciones se entendían plenamente en el marco de dicha teoría, pero otras soluciones se salían de los parámetros de ella y no podían ser explicados. Tal es el caso de la disolución de un metal en un ácido, que en un principio es considerada un caso de solución y cuyo resultado es que *“se forma una sal, que difiere totalmente tanto del metal como de la sal, y generalmente es muy difícil recuperar el metal o el ácido de la sal”* (Arrhenius, 1912, p. 8), sin embargo, no se hablaba como si de una reacción química se tratara.

En este momento. entra en escena, Lavoisier, quien *“llamó a este último proceso disolución en contraposición a la solución simple”* (Arrhenius, 1912, p. 8), donde menciona que este proceso consiste en *“simplemente en una separación de las moléculas de la sustancia disuelta, que no sufre ningún cambio químico real”* (Arrhenius, 1912, p. 8). Además, en su razonamiento frente el efecto del calentamiento de una solución dedujo que *“la solubilidad debería aumentar con la temperatura”*³ (Arrhenius, 1912, p. 8).

Por otro lado, se desarrollaba una teoría frente a la separación de las moléculas de una sustancia en disolución, también denominado “disociación”. Este desarrollo se realizaba desde dos frentes: el empírico y el teórico. El aspecto empírico fue desarrollado, inicialmente, por Valson y *“se fundamenta en las llamadas propiedades aditivas de las soluciones salinas”* (Arrhenius, 1912, p. 91), mientras que el aspecto teórico, *“que fue introducido por primera vez por Gay-Lussac, Williamson y Clausius, se basa en consideraciones sobre el progreso de los procesos químicos o el paso de la electricidad a través de soluciones salinas”* (Arrhenius, 1912, p. 91).

Esta teoría de la disolución introdujo, por parte de sus autores, los términos de “radicales” de las sustancias disueltas, que en las experiencias respecto a la capilaridad realizadas por Valson, se menciona que *“La solución tiene el efecto de que da a los elementos de las sustancias disueltas una independencia entre sí”* (Arrhenius, 1912, p. 95). Sin embargo, los experimentos de Valson y otros autores *“están bastante alejadas de la teoría de la disociación electrolítica”* (Arrhenius, 1912, p. 95).

No obstante, a partir de las experiencias sobre las propiedades de las soluciones salinas⁴, *“Kohlrausch encontró que la conductividad de una solución salina podría expresarse*

³ Actualmente se considera que la solubilidad depende también de la naturaleza de las interacciones específicas entre soluto-disolvente.

⁴ Arrhenius menciona propiedades como la capilaridad y la densidad de soluciones salinas

como la suma de dos conductividades, una válida para el anión y la otra para el catión de la sal” (Arrhenius, 1912, p. 96) expresando así no solo una “regla del “movimiento independiente de los iones”” (Arrhenius, 1912, p. 96) sino que ya se introducía al ión dentro del comportamiento de una solución como un actor principal en la descripción de su fenomenología. También, Kohlrausch junto con Bouty “idearon métodos para determinar la conductividad eléctrica de las soluciones salinas” (Arrhenius, 1903, p. 48) de lo cual Arrhenius supuso que “las moléculas eléctricamente activas también son químicamente activas y que, a la inversa, las moléculas eléctricamente inactivas también son químicamente inactivas” (Arrhenius, 1903, p. 51). Esta suposición establece una correlación entre la disociación electrolítica y el comportamiento químico de las sustancias en disolución, basado en la composición corpuscular de la materia.

Por lo anterior, se puede destacar que se le empieza a dar una característica, en términos eléctricos, a una sustancia en disolución, por lo que le otorga también un carácter eléctrico a los iones que están presentes en ella. Por ejemplo, Hittorff menciona, en “*on the migration of ions during electrolysis*”, que en una electrolisis, “la primera acción de la corriente consiste en descomponer las partículas del cuerpo en una posición tal que el catión de cada molécula migre hacia el cátodo y el anión hacia el ánodo” (Hittorff, 1853, recopilado por Goodwin, 1899, p. 52), donde se ve una clara atribución del carácter eléctrico del ión. Estas nociones se acercan a la concepción actual de la fenomenología en torno a la disociación electrolítica, en el desarrollo de la electroquímica.

5.5. Relación: Disolución electrolítica – ión

A pesar de que la teoría de la disociación electrolítica estaba, para finales del siglo XIX, mayormente estructurada, aun existía “vacíos”⁵ en la teoría que no daba explicación a los diferentes fenómenos que se presentaban en una solución y que incidía en la disociación electrolítica.

No obstante, un fenómeno que asociado a una disociación electrolítica es la descomposición electroquímica que, según Faraday consiste “en la separación de las sustancias descomponibles” (Faraday, 1849, p. 226), la cual depende esencialmente de la corriente de electricidad y siendo demostrado, según Faraday, en todos los casos que “la descomposición es proporcional a la cantidad de electricidad que pasa, cualquiera sea su intensidad o su fuente” (Faraday, 1849, p. 242).

⁵ Estos vacíos se relacionan, por ejemplo, con la razón por la cual ciertos iones se dirigen hacia el cátodo y otros al ánodo en la disociación electrolítica.

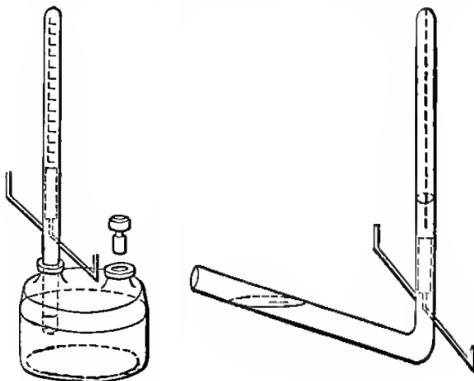
Este fenómeno, manifestado en distintos experimentos, permitió establecer que se produce, según Faraday, *“por una acción corpuscular interna, ejercida de acuerdo al sentido de la corriente eléctrica y que es debido a una fuerza o bien sobreagregada, o dándole sentido a la afinidad química ordinaria de los cuerpos presentes”* (Faraday, 1849, p. 245), en lo cual se incorpora el término “afinidad química” y en un cuerpo que está sometido a una descomposición electroquímica, *“la afinidad química ordinaria se libera, debilita o se neutraliza parcialmente bajo la influencia de la corriente eléctrica en un sentido paralelo al camino de la última y se robustece o se adiciona en el sentido opuesto, porque las partículas que se recombinan tienen tendencia a pasar a en sentido contrario”* (Faraday, 1849, p. 245).

En consecuencia, Williamson mediante experimentos realizados con éter etílico en presencia de ácido sulfúrico, dedujo *“que en una solución hay un cambio perpetuo de radicales entre las moléculas”* (Arrhenius, 1912, p. 103) y de esta forma *“explicó el hecho de que, al mezclar dos sales que constan de diferentes radicales, las cuatro posibles sales se formaron rápidamente”* (Arrhenius, 1912, p. 103) en un proceso rápido y continuo de descomposición y recombinación, por ejemplo, *“en una solución de ácido clorhídrico, HCl, un átomo de H no siempre permanece unido al mismo átomo de cloro, sino que lo intercambia por nuevos átomos de cloro, uno tras otro”* (Arrhenius, 1912, p. 104).

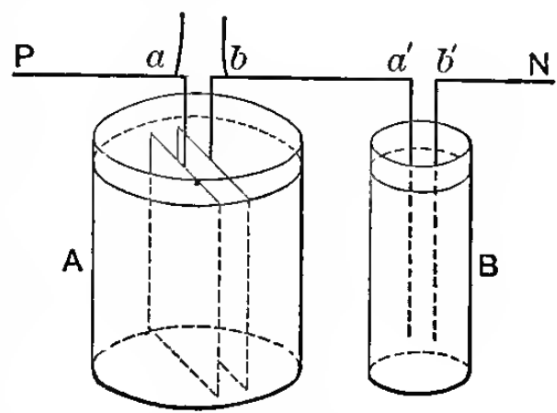
Por otro lado, Faraday menciona también que *“para una cantidad constante de electricidad, cualquiera puede ser el conductor en descomposición, ya sea agua, soluciones salinas, ácidos, cuerpos fundidos, etc., la cantidad de acción eléctrica es también una cantidad constante, es decir, sería siempre equivalente a un efecto químico patrón basado en la afinidad química común”* (Faraday, 1849, p. 241).

5.6. Experimentos relevantes en la relación conceptual de disociación electrolítica y el ión

Como resultado del análisis histórico-crítico se resalta los siguientes experimentos y la relación conceptual que tienen con la disociación electrolítica y el ión (tabla 2):

	Experimentos ⁶	Relación conceptual con la disociación electrolítica y el ión
Faraday	<p>- “Consiste en un tubo recto cerrado en el extremo superior y graduado, por cuyos lados pasan alambres de platina (que se fusionan en el vidrio), que se conectan con dos placas en su interior. El tubo es fijado mediante la rosca en una boca de una botella de doble cuello. Si este último está lleno a la mitad o dos tercios del ácido sulfúrico diluido, al inclinar el conjunto, fluirá hacia el tubo y lo llenará. Cuando se pasa una corriente eléctrica a través del instrumento, los gases que se desprenden contra las placas se acumulan en la parte superior del tubo y no están sujetos al poder de recombinación de la platina”. (Faraday, 1833, recopilado por Goodwin, 1899, p. 16)</p> <div style="text-align: center;">  <p>Fig. 5 Fig. 6</p> </div> <p>Figura 1. Ilustración Fig. 5 y Fig. 6. Tomado de: (Faraday, 1833, recopilado por Goodwin, 1899, p. 16)</p> <p>- “Un mismo fluido es sometido al poder de descomposición de la misma corriente de electricidad, pasando en el recipiente. A entre grandes placas de platina y en el vaso B entre pequeños alambres”. (Faraday, 1833, recopilado por Goodwin, 1899, p. 21)</p>	<p>Este experimento tiene como principio conceptual la electrólisis, en este caso, de un ácido, cuya explicación se basa en la descomposición de dicho ácido en iones de los átomos que lo componen</p> <p>Este experimento puede demostrar la diferencia de potencial entre electrodos de diferente forma. Sin embargo, también puede mostrar la descomposición de</p>

⁶ Se referenció fragmentos de texto originales analizados donde la estructura y léxico es la que se usaba en el contexto en el que fueron escritos, es decir, siglo XIX.

	 <p style="text-align: center;"><i>Fig. 8</i></p> <p style="text-align: center;">Figura 2. Ilustración Fig. 8. Tomado de: (Faraday, 1833, recopilado por Goodwin, 1899, p. 16)</p>	<p>una disolución electrolítica al mostrar algún fenómeno en los electrodos (ya sea burbujeo, cambio de color, etc.) lo que puede ser explicado químicamente desde los iones presentes en la disolución electrolítica.</p>
	<p>- <i>“Traté de experimentar con el óxido de plomo obtenido por fusión e ignición del nitrato en un crisol de platina, pero encontré una gran dificultad debido a la alta temperatura requerida para una fusión perfecta y las poderosas cualidades fundentes de la sustancia. Los tubos de vidrio verde fallaron repetidamente. Por fin fundí el óxido en un pequeño crisol de porcelana, calentado completamente en un fuego de carbón; y, como era esencial que la evolución del plomo en el cátodo tuviera lugar debajo de la superficie, el electrodo negativo estaba protegido por un tubo de vidrio verde, fusionado a su alrededor de tal manera que solo dejaba al descubierto el botón de platina en el extremo inferior (Fig. 11), de modo que pueda sumergirse debajo de la superficie y así excluir el contacto del aire u oxígeno con el plomo allí reducido. Se empleó un alambre de platina para el electrodo positivo, ya que el metal no estaba sujeto a ninguna acción del oxígeno que se desprendía contra él. La disposición se muestra en la Fig. 12.”</i> (Faraday, 1833, recopilado por Goodwin, 1899, p. 29)</p>	<p>Faraday detalla un experimento en el cual involucra procesos de disociación electrolítica y el cambio que sufrió los electrodos, los cuales procuro aislar para reducir posibles variables que afectaran el desempeño de la experiencia.</p>

- “En un experimento de este tipo, se obtuvo el equivalente del plomo 93.17, que es demasiado pequeño. Creo que esto se debió al pequeño intervalo entre los electrodos positivo y negativo en el óxido de plomo; de modo que no era improbable que parte de la espuma y las burbujas formadas por el oxígeno en el ánodo tocaran ocasionalmente el plomo reducido en el cátodo y lo volvieran a oxidar”. (Faraday, 1833, recopilado por Goodwin, 1899, p. 30)

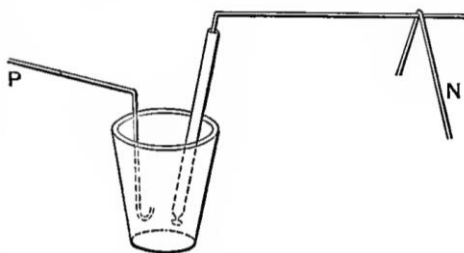


Fig. 12

Figura 3. Ilustración Fig. 12. Tomado de: (Faraday, 1833, recopilado por Goodwin, 1899, p. 30)

“Con la batería voltaica el caso es muy diferente y el flujo de corriente que ella suministra sufre disminución en cualquier sustancia debido a un considerable aumento de su longitud [...].

Me empeñé en aplicar esa facilidad de transmisión de la corriente de electricidad a través de cualquier longitud de conductor, a la investigación de la transferencia de elementos en un cuerpo en descomposición, en sentido contrario hacia los polos. [...] un experimento particular en el cual, cuando un trozo de papel tornasol y uno de papel de cúrcuma se combinan y se humedecían en sulfato de soda, donde la punta del alambre de la maquina (que representa el polo positivo) se colocaba sobre el papel tornasol y la punta receptora del tren de descarga (que representa el polo negativo), sobre el papel de cúrcuma [...].

Los trozos de papel tornasol y de cúrcuma se colocaron ahora sobre un vidrio plano separado y se conectaron con un hilo aislado de cuatro pies de largo humedecido en la misma solución de sulfato de soda; las puntas terminales de los alambres de descomposición se colocaron sobre los papeles como antes”

(Faraday, 1849, p. 214-215)

En este fragmento Faraday describe un experimento donde puso a prueba el efecto que puede tener la distancia entre electrodos o polos en la intensidad de la corriente eléctrica que se producía.

	<p><i>“El primer punto investigado fue la influencia o indiferencia de grandes variaciones en el tamaño de los electrodos, para lo cual se utilizaron instrumentos como los descritos en último lugar (Figs. 5, 6 y 7). Uno de ellos tenía placas de 0,7 de pulgada de ancho y casi 4 pulgadas de largo; otro tenía placas de sólo 0,5 de pulgada de ancho y 0,8 de pulgada de largo; un tercero tenía alambres de 0,02 pulgadas de diámetro y 3 pulgadas de largo; y un cuarto, cables similares de solo media pulgada de largo”</i> (Faraday, 1833, recopilado por Goodwin, 1899, p. 17).</p>	
	<p><i>“El tercer punto, con respecto al cual se probó el principio de igual acción electroquímica sobre el agua, fue la variación de la concentración de la solución utilizada. Para hacer del agua un conductor, se le había agregado ácido sulfúrico; [...] El ácido sulfúrico diluido, de diferentes concentraciones, se introdujo en diferentes aparatos de descomposición y se sometió simultáneamente a la acción de la misma corriente eléctrica. Se produjeron ligeras diferencias, como antes, a veces en una dirección, a veces en otra”.</i> (Faraday, 1833, recopilado por Goodwin, 1899, p. 22).</p>	
	<p><i>I. Un solo ión, i. e., uno que no esté en combinación con otro, no tendrá tendencia a pasar a ninguno de los electrodos, y será perfectamente indiferente a la corriente que pasa, a menos que sea en sí mismo un compuesto de iones más elementales y, por lo tanto, sujeto a descomposición real. Sobre este hecho se basa gran parte de las pruebas que se añaden a favor de la nueva teoría de la descomposición electroquímica, que expuse en una serie anterior de estas investigaciones.</i></p> <p><i>II. Si un ión se combina en proporciones correctas con otro fuertemente opuesto a él en sus relaciones químicas ordinarias, i. e., si un anión se combina con un catión, ambos viajarán, uno al ánodo, el otro al cátodo, del cuerpo en descomposición.</i></p> <p><i>III. Si, por tanto, un ión pasa hacia uno de los electrodos, otro ión también debe estar pasando simultáneamente al otro electrodo, aunque, por acción secundaria, puede que no haga su aparición.</i></p> <p><i>IV. Un cuerpo descomponible directamente por la corriente eléctrica, i. e., un electrolito, debe constar</i></p>	<p>Faraday expone la definición de electrolitos, iones, cationes y aniones que son aspectos a tener en cuenta en la fenomenología de la disociación electrolítica y cuya definición y descripción que realiza Faraday aporta características teóricas sobre el comportamiento de un fenómeno.</p>

	<p>de dos iones, y también debe producirlos durante el acto de descomposición.</p> <p>V. Sólo hay un electrolito compuesto por los mismos dos iones elementales; al menos tal parece ser el hecho, dependiente de una ley, de que sólo los equivalentes electroquímicos individuales de los iones elementales pueden ir a los electrodos, y no múltiples.</p> <p>(Faraday, 1833, recopilado por Goodwin, 1899, p. 37-38)</p>	
Arrhenius	<p>En los textos a disposición Arrhenius hace referencia a la teoría de las soluciones y la teoría de disociación electrolítica. Sin embargo, hace alusión, en los textos mencionados, a experimentos de otros científicos, pero no menciona un experimento propio que esté relacionado con la disociación electrolítica</p>	
Hittorf	<p><i>“Una solución de sulfato de cobre se sometió a electrólisis y se preparó diluyendo una más concentrada hasta aproximadamente el doble de su volumen. Su gravedad específica a 4,9° C era 1,1036 y contenía 1 parte de CuS por 9,56 partes de agua, o 1 parte (CuS + 5 H) * por 5,75 partes de agua.</i></p> <p style="text-align: center;"><i>Experimento A</i></p> <p><i>La electrólisis se llevó a cabo a una temperatura de 4,7 ° C y se efectuó mediante una pequeña celda Grove. La corriente se mantuvo por cuatro horas y bajó 1.008 gr. Ag en el voltímetro, o 0,0042 gr. Ag por minuto.</i></p> <p><i>Esta cantidad de plata equivale a 0,3955 gr. Cu.</i></p> <p><i>Se depositaron sobre el cono de plata, sin embargo, 0,2975 gr. Cu.</i></p> <p><i>La diferencia, 0,002 gr., Surge sin duda de una oxidación del cobre; basamos todos los cálculos en valores deducidos de los resultados obtenidos por el voltímetro de plata.</i></p> <p><i>La solución sobre el cátodo contenía:</i></p> <p><i>Antes de la electrólisis: 2.8543 gr. Cu</i></p> <p><i>Después de la electrólisis: 2.5897 gr. Cu</i></p> <p><i>Por tanto, se diluyó en una cantidad de 0,2646 gr. Cu = 0,2112 Cu.</i></p>	<p>Este experimento tiene como principio conceptual la electrólisis, en este caso, de una sal, cuya explicación se basa en la descomposición de dicha sal en iones de los átomos que lo componen manifestándose en cambios en los electrodos.</p>

	<p><i>El Cu se precipitó de la forma habitual mediante potasa cáustica, a partir de una solución hirviendo.</i></p> <p style="text-align: center;"><i>Experimento B</i></p> <p><i>La corriente de una celda Grove fue tan cortada por la introducción de un alambre largo y delgado de plata alemana, que a una temperatura de 5.3 ° C se redujo 1.3373 gr. Ag en 18 horas y 4 minutos, o 0,00113 gr. Ag por minuto.</i></p> <p><i>La cantidad de plata corresponde a 0,3597 gr. Cu.</i></p> <p><i>Se depositaron sobre el cono de plata 0,3587 gr. Cu.</i></p> <p><i>La solución sobre el cátodo contenía:</i></p> <p><i>Antes de la electrólisis: 2.8543 gr. Cu</i></p> <p><i>Después de la electrólisis: 2.535 gr. Cu</i></p> <p><i>Por tanto, se diluyó 0,3193 gr. Cu, o 0,2549 gr. Cu²⁺.</i></p> <p><i>(Hittorf, 1853, recopilado por Goodwin, 1899, p. 61-62)</i></p>	
	<p><i>“Siempre he evitado utilizar corrientes muy grandes, ya que el aumento de temperatura que producen en la solución es inquietante. El efecto inmediato de esto en nuestros datos se puede obviar fácilmente al no eliminar la solución electrolizada para su análisis inmediatamente después de interrumpir la corriente, sino al permitir que vuelva primero a la temperatura del entorno. Por otro lado, una perturbación indirecta del aumento de temperatura no se puede superar tan fácilmente. Consiste en la formación de una cantidad de pequeñas burbujas de aire que normalmente cubren la superficie de la placa de vidrio debajo del cátodo y que no se pueden eliminar. Estas pequeñas burbujas, que no son gas hidrógeno, se desprenden del lugar donde aparecen. Si se van a utilizar grandes corrientes, es prudente liberar la solución lo más lejos posible del aire absorbido”</i></p> <p><i>(Hittorf, 1853, recopilado por Goodwin, 1899, p. 63).</i></p>	
Kohlrausch	<p>Kohlrausch realiza una comparación entre varios experimentos de diferentes científicos donde deduce:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Agua pura no es conductora - Realiza la comparación entre diferentes soluciones - Realiza la comparación con el ácido acético 	

Tabla 2. Experimentos relevantes en la relación conceptual de disociación electrolítica y el ión. Autoría propia.

5.7. Perspectiva de la enseñanza con relación al diseño del material

Para el desarrollo del proyecto es importante establecer la perspectiva que se tiene sobre este, durante su planteamiento y ejecución, lo cual, implica el diseño del material a implementar con los estudiantes.

En este aspecto se ha de resaltar la importancia de la fenomenología en torno al ión y el rol que desempeña dentro de una disociación electrolítica. Por ello “*es necesario destacar el carácter exhibitivo y constructivo del fenómeno*” (Sandoval, Malagón, Garzón, Ayala & Tarazona, 2018, p. 19). Dicho carácter exhibitivo y constructivo permite el estudio y comprensión de una fenomenología y exigen “*una descripción detallada del fenómeno que está imbricada en la actividad experimental, actividad que, a su vez, exige una comprensión conceptual que acompañe a la intervención y disposición experimental*” (Sandoval, Malagón, Garzón, Ayala & Tarazona, 2018, p. 19).

Otra característica de fenómeno a resaltar es la forma en que se construye una explicación a este, ya que, como menciona Pierre Duhem, “*la mente no parte del conocimiento del fenómeno para pasar después al conocimiento de la materia; lo primero que conoce es la naturaleza misma de la materia y de ella se sigue la explicación de los fenómenos*” (Duhem, 1914, citado por Sandoval, Malagón, Garzón, Ayala & Tarazona, 2018, p. 19).

Teniendo en cuenta lo anterior, se resalta la importancia que tiene esta perspectiva en enseñanza de las ciencias en el aspecto de “*formulación de propuestas y actividades donde los estudiantes y los profesores están comprometidos con la comprensión de los fenómenos que estudian*” (Sandoval, Malagón, Garzón, Ayala & Tarazona, 2018, p. 21) mejorando así procesos de aprendizaje en el aula y en actividades experimentales propuestos en ella, entendiendo que el “*privilegio por la experiencia y la percepción se debe entender que esta no es estática, es una experiencia que se ha reconfigurado en cada relación que establecemos con los objetos de estudio*” (Sandoval, Malagón, Garzón, Ayala & Tarazona, 2018, p. 21).

6. LOS DESARROLLOS EXPERIMENTALES DEL DOCENTE Y MATERIAL DIDÁCTICO.

Previo al diseño del material didáctico, se lleva a cabo, por parte del investigador unas actividades experimentales con el fin de analizar el comportamiento del fenómeno de disociación electrolítica con relación a diferentes variables tales como la concentración del electrolito, la distancia entre electrodos y la naturaleza química del electrolito (sales, ácidos, etc.).

6.1. Actividad experimental previa

En esta actividad se hace empleo de los siguientes reactivos, materiales y equipos (tabla 3), en las tres (3) pruebas que consistió el experimento:

Reactivos	Materiales	Equipos
<ul style="list-style-type: none"> • Agua. • Bicarbonato de sodio (NaHCO_3). • Hipoclorito de sodio ("Clorox", NaClO) • Ácido muriático (HCl). 	<ul style="list-style-type: none"> • Recipiente de vidrio grande. • Cable terminal caimán - caimán • Batería. • Mina de lápiz 2.0 (que actúan como electrodos). • Cuchara. 	<ul style="list-style-type: none"> • Multímetro.

Tabla 3. Reactivos, Materiales y equipos usados en la actividad experimental previa. Autoría propia.

6.1.1. Metodología de la actividad experimental previa

Para la actividad experimental desarrollada por el investigador se realiza el siguiente montaje (figura 4) en común para los tres (3) pruebas que se van a realizar:

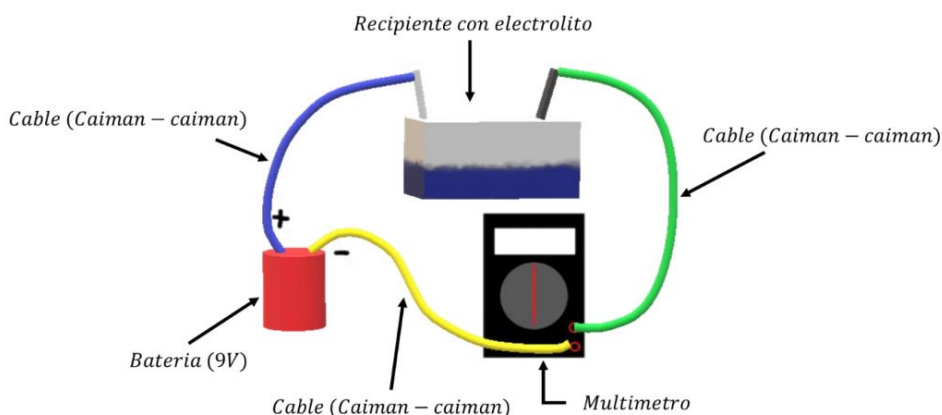


Figura 4. Ilustración del montaje realizado para el experimento. Autoría propia

6.1.1.1. Prueba No. 1

Para esta prueba se realizó los siguientes pasos en el desarrollo del experimento:

1. Se toma el recipiente de vidrio grande (debidamente limpio y seco) y se le agrega una porción pequeña del Bicarbonato de sodio (NaHCO_3) y se agrega un volumen pequeño de agua (Volumen 1) (Concentración 1) formando el electrolito 1.
2. Se enciende el multímetro y se ajusta a amperios (para este caso se ajusta a 200 mA).
3. Se toma los electrodos y se introducen en el electrolito 1 manteniendo una distancia de dos centímetros (2 cm) entre dichos electrodos.
4. Se toma registro de la lectura de la intensidad de la corriente en el multímetro.
5. Se apaga el multímetro y se retiran los electrodos de la solución electrolítica 1.
6. Se agrega agua a la solución electrolítica 1, de tal manera, que este segundo volumen, sea el doble del volumen inicial (es decir sea 2 veces el volumen 1) (concentración 2).
7. Se repite los pasos 2, 3 y 4 con el nuevo volumen a concentración 2.
8. Se apaga el multímetro y se retiran los electrodos de la solución del electrolito 1.
9. Se agrega agua a la solución electrolítica 2, de tal manera, que este tercer volumen, sea el doble del volumen inicial (es decir sea 4 veces el volumen 1) (Concentración 3).
10. Se repite los pasos 2, 3, y 4 con el nuevo volumen.

6.1.1.2. Prueba No. 2

Para esta prueba se realizó los siguientes pasos en el desarrollo del experimento:

1. Se toma el recipiente de vidrio grande (debidamente limpio y seco) y se le agrega una porción pequeña del Hipoclorito de sodio (NaClO) y se agrega un volumen pequeño de agua (Volumen 1) (Concentración 1) formando el electrolito 2.
2. Se enciende el multímetro y se ajusta a amperios (para este caso se ajusta a 200 mA).
3. Se toma los electrodos y se introducen en el electrolito 2 manteniendo una distancia de dos centímetros (2 cm) entre dichos electrodos.
4. Se toma registro de la lectura de intensidad de la corriente en el multímetro.
5. Se apaga el multímetro y se retiran los electrodos de la solución electrolítica.
6. Se agrega agua a la solución electrolítica 2, de tal manera, que este segundo volumen, sea el doble del volumen inicial (es decir sea 2 veces el volumen 1) (Concentración 2).
7. Se repite los pasos 2, 3 y 4 con el nuevo volumen.
8. Se apaga el multímetro y se retiran los electrodos de la solución electrolítica 2.

9. Se agrega agua a la solución electrolítica 2, de tal manera, que este tercer volumen, sea el doble del volumen inicial (es decir sea 4 veces el volumen 1) (Concentración 3).
10. Se repite los pasos 2, 3, y 4 con el nuevo volumen.

6.1.1.3. Prueba No. 3

Para esta prueba se realizó los siguientes pasos en el desarrollo del experimento:

1. Se toma el recipiente de vidrio grande (debidamente limpio y seco) y se le agrega una porción pequeña del ácido muriático (HCl) y se agrega un volumen pequeño de agua (Volumen 1) (Concentración 1) formando el electrolito 3.
2. Se enciende el multímetro y se ajusta a amperios (para este caso se ajusta a 200 mA).
3. Se toma los electrodos y se introducen en el electrolito 3 manteniendo una distancia de dos centímetros (2 cm) entre dichos electrodos.
4. Se toma registro de la lectura de amperaje en el multímetro.
5. Se apaga el multímetro y se retiran los electrodos de la solución electrolítica 3.
6. Se agrega agua a la solución electrolítica 3, de tal manera, que este segundo volumen, sea el doble del volumen inicial (es decir sea 2 veces el volumen 1) (Concentración 2).
7. Se repite los pasos 2, 3 y 4 con el nuevo volumen.
8. Se apaga el multímetro y se retiran los electrodos de la solución electrolítica 3.
9. Se agrega agua a la solución electrolítica 3, de tal manera, que este segundo volumen, sea el doble del volumen inicial (es decir sea 4 veces el volumen 1) (Concentración 3).
10. Se repite los pasos 2, 3, y 4 con el nuevo volumen.

6.2. Material didáctico desarrollado

Como parte del desarrollo de este trabajo, se diseñaron cinco (5) actividades experimentales teniendo como referencia textos originales donde describen condiciones de experimentos que pueden incidir en los fenómenos de disociación electrolítica. Además, se realizan una actividad introductoria y una de cierre. Estas actividades se describen a continuación:

- 6.2.1. Actividad introductoria: Mirada al desarrollo histórico de la disociación electrolítica.

En primera instancia se realiza una actividad introductoria (Ver anexo 1) que tiene el propósito de contextualizar en la teoría de disociación electrolítica y el ión teniendo como base el texto conferencia nobel del 11 de diciembre de 1903, “Desarrollo de la teoría de la disociación electrolítica” de Svante Arrhenius (ver anexo 2) cuya traducción fue realizada por el investigador.

En este instrumento se propone unas actividades relacionadas con la perspectiva fenomenológica en la enseñanza de las ciencias. Estas actividades son la lectura del texto conferencia nobel mencionado anteriormente y el análisis detallado de este texto; y la construcción de una línea de tiempo donde se señala la época cronológica de los principales aportes en la construcción de la teoría de disociación electrolítica y los filósofos, pensadores y científicos partícipes en dicha construcción.

6.2.2. Actividad Experimental: Distancia entre electrodos

Este instrumento (ver anexo 3) se diseña bajo el conocimiento de que, en una disociación electrolítica, los electrodos marcan los polos y el límite en el cual se hace la conducción de la corriente eléctrica, y que la distancia entre estos es un factor que puede incidir en el grado en el cual se descompone y disocia un electrolito, relacionado con la intensidad de la corriente eléctrica.

Para este instrumento se usa el siguiente fragmento de texto de Faraday:

“Con la batería voltaica el caso es muy diferente y el flujo de corriente que ella suministra sufre disminución en cualquier sustancia debido a un considerable aumento de su longitud [...].

Me empeñé en aplicar esa facilidad de transmisión de la corriente de electricidad a través de cualquier longitud de conductor, a la investigación de la transferencia de elementos en un cuerpo en descomposición, en sentido contrario hacia los polos. [...] un experimento particular en el cual, cuando un trozo de papel tornasol y uno de papel de cúrcuma se combinan y se humedecían en sulfato de soda, donde la punta del alambre de la maquina (que representa el polo positivo) se colocaba sobre el papel tornasol y la punta receptora del tren de descarga (que representa el polo negativo), sobre el papel de cúrcuma [...].

Los trozos de papel tornasol y de cúrcuma se colocaron ahora sobre un vidrio plano separado y se conectaron con un hilo aislado de cuatro pies de largo humedecido en la misma solución de sulfato de soda; las puntas terminales de los alambres de descomposición se colocaron sobre los papeles como antes”

(Faraday, 1849, p. 214-215)

En este fragmento de texto, Faraday describe el montaje de un experimento donde pone a prueba la longitud entre los polos (que también los describe como puntas terminales) y verifica el efecto que se puede presentar en el “flujo de corriente” (Intensidad de corriente).

Posteriormente se plantean unas preguntas a considerar y que servirán como preguntas orientadoras para la realización de la actividad experimental. Dichas preguntas son:

- *¿De qué manera afecta la distancia entre los electrodos, a la intensidad corriente eléctrica?*
- *¿Cómo se puede explicar este fenómeno desde los fundamentos teóricos actuales?*
- *¿Qué papel desempeña el papel tornasol y el papel de cúrcuma en los experimentos descritos por Faraday anteriormente?*
- *¿Qué papel desempeña el hilo aislado en los experimentos descritos anteriormente por Faraday?*
- *¿Cómo representaría gráficamente el montaje del experimento anteriormente descrito por Faraday?*

Luego se presenta la descripción del experimento propuesto, mencionando también los materiales, equipo y reactivos⁷ que se pueden emplear para la realización de este. Esta descripción se presenta de la siguiente manera:

Para establecer la relación entre la distancia entre electrodos, el cambio de las sustancias y la intensidad de corriente, se usan un par de electrodos del mismo tipo (carbono, hierro, cobre, zinc, etc.) y del mismo grosor que se sumergen en la solución de electrolito (se recomienda bicarbonato de sodio, vinagre, hipoclorito de sodio (decol)), cuya concentración dependerá de la naturaleza de electrolito (ya que, por ejemplo, la concentración en la que encontramos, comercialmente, el vinagre es diferente a la concentración del hipoclorito de sodio). Cada uno de los electrodos se conecta por medio de cable terminal caimán-caimán, de tal manera que uno de los electrodos se conecta a una fuente o pila de 9 voltios y el otro electrodo se conecta al multímetro. Posteriormente, la otra terminal del multímetro se conecta a la fuente o pila de 9 voltios, completando así el circuito.

Se puede usar marcas o un “metro” para establecer las distancias en la que van a estar dispuestos los electrodos. Las distancias en la que se pueden separar los electrodos dependerán del espacio disponible en el recipiente que contiene el electrolito.

Por último, se presenta una ilustración del montaje del experimento.

⁷ La propuesta se realiza de tal manera que el experimento se puede realizar por cada estudiante en su casa con materiales de fácil consecución

6.2.3. Actividad Experimental: Efecto temperatura y la conductividad eléctrica.

En este instrumento (ver anexo 4) se tiene en cuenta que la temperatura es un factor que pueden afectar distintos fenómenos como, por ejemplo, una disociación electrolítica. Por ello se propone analizar la manera en la que la temperatura, en la que se lleve a cabo la experiencia, puede afectar el fenómeno de disociación electrolítica.

Para este instrumento se usa el siguiente fragmento de texto de Hittorf:

“Siempre he evitado utilizar corrientes muy grandes, ya que el aumento de temperatura que producen en la solución es inquietante. El efecto inmediato de esto en nuestros datos se puede obviar fácilmente al no eliminar la solución electrolizada para su análisis inmediatamente después de interrumpir la corriente, sino al permitir que vuelva primero a la temperatura del entorno. Por otro lado, una perturbación indirecta del aumento de temperatura no se puede superar tan fácilmente. Consiste en la formación de una cantidad de pequeñas burbujas de aire que normalmente cubren la superficie de la placa de vidrio debajo del cátodo y que no se pueden eliminar. Estas pequeñas burbujas, que no son gas hidrógeno, se desprenden del lugar donde aparecen. Si se van a utilizar grandes corrientes, es prudente liberar la solución lo más lejos posible del aire absorbido”

(Hittorf, 1853, recopilado por Goodwin, 1899, p. 63).

En este fragmento de texto, Hittorf describe el montaje de un experimento donde menciona algunos fenómenos que se presentan con el “aumento de temperatura del entorno” y se refiere a ellos como “perturbaciones” que afectan los datos del experimento.

Posteriormente se plantean unas preguntas a considerar y que servirán como preguntas orientadoras para la realización de la actividad experimental. Dichas preguntas son:

- *¿De qué manera afecta los cambios de temperatura del entorno, a la intensidad corriente eléctrica en el electrolito?*
- *¿Cómo se puede explicar este fenómeno desde los fundamentos teóricos actuales?*
- *Según el fragmento del texto de Hittorf ¿Qué podría ser las pequeñas burbujas que describe en el experimento?*

Luego se presenta la descripción de experimento propuesto, mencionando también los materiales, equipo y reactivos que se pueden emplear para la realización de este. Esta descripción se realiza de la siguiente manera:

Para establecer la relación entre la temperatura, el cambio de las sustancias, la intensidad de corriente, entre otros factores, se usan un par de electrodos del mismo tipo (carbono, hierro, cobre, zinc, etc.) y del mismo grosor que se sumergen

en la solución de electrolito (se recomienda bicarbonato de sodio, vinagre, hipoclorito de sodio (decol)), cuya concentración dependerá de la naturaleza de electrolito (ya que, por ejemplo, la concentración en la que encontramos, comercialmente, el vinagre es diferente a la concentración del hipoclorito de sodio). Cada uno de los electrodos se conecta por medio de cable terminal caimán-caimán, de tal manera que uno de los electrodos se conecta a una fuente o pila de 9 voltios y el otro electrodo se conecta al multímetro. Posteriormente, la otra terminal del multímetro se conecta a la fuente o pila de 9 voltios, completando así el circuito.

Se dispone también de un medio o instrumentos para cambiar la temperatura del experimento tales como plancha de calentamiento, baño de maría, calorímetro, hielo, etc., con el fin de establecer diferentes temperaturas a las cuales pueda estar sometido el montaje. Además, se usa también un termómetro.

Por último, se presenta una ilustración del montaje del experimento.

6.2.4. Actividad Experimental: Efecto dimensiones de electrodos.

En este instrumento (ver anexo 5) se tiene a consideración la forma de los electrodos como otro factor que se pensó que podría afectar el fenómeno de disociación electrolítica, manifestado en la descomposición electroquímica producto de la corriente eléctrica. Por ello se propone que analizar este parámetro en este instrumento.

Para este instrumento se usa el siguiente fragmento de texto de Faraday:

“El primer punto investigado fue la influencia o indiferencia de grandes variaciones en el tamaño de los electrodos, para lo cual se utilizaron instrumentos como los descritos en último lugar (Figs. 5, 6 y 7). Uno de ellos tenía placas de 0,7 de pulgada de ancho y casi 4 pulgadas de largo; otro tenía placas de sólo 0,5 de pulgada de ancho y 0,8 de pulgada de largo; un tercero tenía alambres de 0,02 pulgadas de diámetro y 3 pulgadas de largo; y un cuarto, cables similares de solo media pulgada de largo”

(Faraday, 1833, recopilado por Goodwin, 1899, p. 17).

En este fragmento de texto, Faraday describe los instrumentos y la dimensión de los electrodos que se usaron en el montaje de un experimento. Las figuras 5, 6 y 7 referenciadas en el fragmento de texto, y que se incluyen en el instrumento, son:

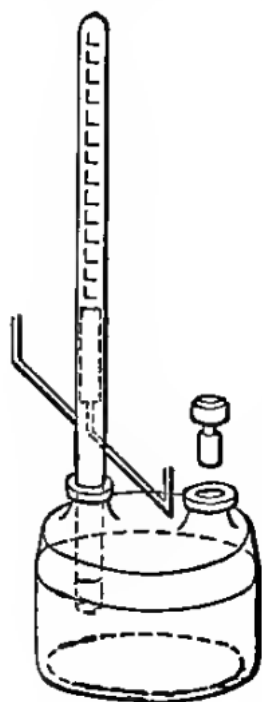


Fig. 5

Figura 5. Imagen fig. 5. Tomado de (Faraday, 1833, recopilado por Goodwin, 1899)

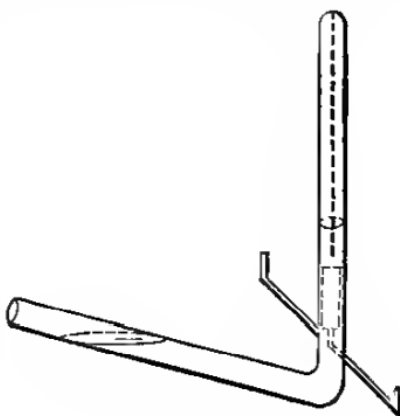


Fig. 6

Figura 6. Imagen fig. 6. Tomado de (Faraday, 1833, recopilado por Goodwin, 1899)

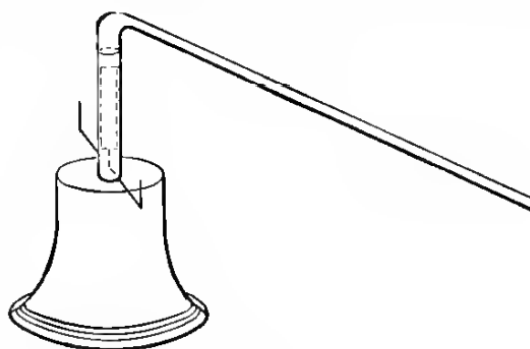


Fig. 7

Figura 7. Imagen fig. 7. Tomado de (Faraday, 1833, recopilado por Goodwin, 1899)

Además, se usa otro fragmento de texto de Faraday mostrado a continuación:

“Un mismo fluido es sometido al poder de descomposición de la misma corriente de electricidad, pasando en el recipiente. A entre grandes placas de platina y en el vaso B entre pequeños alambres”.

(Faraday, 1833, recopilado por Goodwin, 1899, p. 21)

Posteriormente se plantean unas preguntas a considerar y que servirán como preguntas orientadoras para la realización de la actividad experimental. Dichas preguntas son:

- *¿De qué manera varía la intensidad de la corriente eléctrica en una disolución electrolítica cuando se disponen de electrodos de diferentes dimensiones?*
- *¿Cómo se puede explicar este fenómeno desde los fundamentos teóricos actuales?*

Luego se presenta la descripción de experimento propuesto, mencionando también los materiales, equipo y reactivos que se pueden emplear para la realización de este. Esta descripción se realiza de la siguiente manera:

Para establecer la relación entre las dimensiones de los electrodos, el cambio de las sustancias, la intensidad de corriente, entre otros factores, se usan un par de electrodos del mismo tipo (carbono, hierro, cobre, zinc, etc.) y disponiendo de diferente formas o dimensiones (placas, hilos o alambres, etc.) que se sumergen en la solución de electrolito (se recomienda bicarbonato de sodio, vinagre, hipoclorito de sodio (decol)), cuya concentración dependerá de la naturaleza de electrolito (ya que, por ejemplo, la concentración en la que encontramos, comercialmente, el vinagre es diferente a la concentración del hipoclorito de sodio). Cada uno de los electrodos se conecta por medio de cable terminal caimán-caimán, de tal manera que uno de los electrodos se conecta a una fuente o pila de 9 voltios y el otro electrodo se conecta al multímetro. Posteriormente, la otra

terminal del multímetro se conecta a la fuente o pila de 9 voltios, completando así el circuito.

Por último, se presenta una ilustración del montaje del experimento.

6.2.5. Actividad Experimental: Efecto concentración de electrolito.

En este instrumento (ver anexo 6) se considera que la concentración de una disolución, y en este caso, la concentración de un electrolito es un factor que pueden afectar el comportamiento de una disociación electrolítica en términos de la intensidad de la corriente eléctrica o el potencial eléctrico en este fenómeno. Por ello se propone analizar la manera en la que la concentración de un electrolito puede afectar el fenómeno de disociación electrolítica.

Para este instrumento se usa el siguiente fragmento de texto de Faraday, recopilado por Goodwin:

“El tercer punto, con respecto al cual se probó el principio de igual acción electroquímica sobre el agua, fue la variación de la concentración de la solución utilizada. Para hacer del agua un conductor, se le había agregado ácido sulfúrico; [...] El ácido sulfúrico diluido, de diferentes concentraciones, se introdujo en diferentes aparatos de descomposición y se sometió simultáneamente a la acción de la misma corriente eléctrica. Se produjeron ligeras diferencias, como antes, a veces en una dirección, a veces en otra”.

(Faraday, 1833, recopilado por Goodwin, 1899, p. 22).

En este fragmento de texto, Faraday describe un experimento donde pone a prueba la acción electroquímica mediante la variación de la concentración (en este caso ácido sulfúrico).

Posteriormente se plantean unas preguntas a considerar y que servirán como preguntas orientadoras para la realización de la actividad experimental. Dichas preguntas son:

- *¿De qué manera varía la corriente eléctrica en una disolución electrolítica cuando se cambia la concentración del medio electrolítico?*
- *¿Cómo se puede explicar este fenómeno desde los fundamentos teóricos actuales?*
- *¿Crees que se afectaría de igual manera según la naturaleza química del electrolito? Justifique su respuesta.*

Luego se presenta la descripción de experimento propuesto, mencionando también los materiales, equipo y reactivos que se pueden emplear para la realización de este. Esta descripción se presenta de la siguiente manera:

Para establecer la relación entre la concentración del electrolito, el cambio de las sustancias, la intensidad de corriente, entre otros factores, se usan un par de electrodos del mismo tipo (carbono, hierro, cobre, zinc, etc.) y del mismo grosor que se sumergen en la solución de electrolito (se recomienda bicarbonato de sodio, vinagre, hipoclorito de sodio (decol)), cuya concentración dependerá de la naturaleza de electrolito (ya que, por ejemplo, la concentración en la que encontramos, comercialmente, el vinagre es diferente a la concentración del hipoclorito de sodio). Cada uno de los electrodos se conecta por medio de cable terminal caimán-caimán, de tal manera que uno de los electrodos se conecta a una fuente o pila de 9 voltios y el otro electrodo se conecta al multímetro. Posteriormente, la otra terminal del multímetro se conecta a la fuente o pila de 9 voltios, completando así el circuito.

Se varía la concentración inicial del electrolito con la adición de agua, ya sea con una jeringa (se recomienda jeringa de 10 mL) o algún recipiente volumétrico; y se toman los registros de la intensidad de corriente con cada adición. Como se muestra en la siguiente ilustración (figura 8):

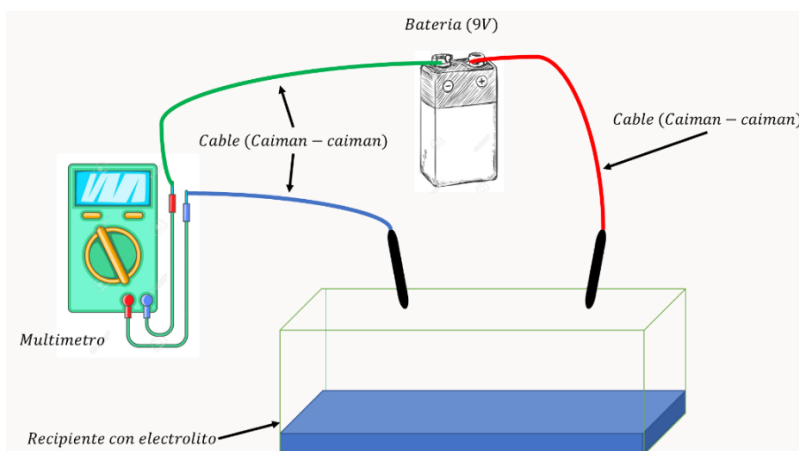


Figura 8. Ilustración del montaje para la actividad experimental. Autoría propia

Se comienza con la adición de una cantidad conocida del electrolito elegido, se sumergen los electrodos, y se toman registro de la intensidad de corriente eléctrica. Luego se retiran los electrodos y se añade un volumen de agua igual a volumen de electrolito que se utilizó en principio, de tal manera que el volumen resultante sea el doble del volumen inicial (Por ejemplo, si inicialmente se usa 10 mL de electrolito, se añade 10 mL de agua a dicho electrolito para que el volumen final sea 20 mL).

6.2.6. Actividad Experimental: Efecto naturaleza química del electrolito.

En este instrumento (ver anexo 7) se tiene en cuenta la naturaleza química del electrolito como factor que pueden afectar el comportamiento de una disociación electrolítica, en relación a la afinidad química que hay entre los electrodos y el electrolito y se refleja en la intensidad de la corriente eléctrica o el potencial eléctrico en este fenómeno. Por ello se propone analizar la manera en la que la naturaleza química de un electrolito puede afectar el fenómeno de disociación electrolítica.

Para este instrumento se usa el siguiente fragmento de texto de Faraday, citado por Ostwald (1912):

“Así, como nosotros acabamos de decir, él admitía como una cosa muy natural que, el anión y el catión, recorrieran cada uno la mitad del camino. Pero, al mirar de cerca, esta hipótesis no es del todo natural; los iones contrarios reciben impulsos iguales, pero no hay razón para que ellos se sometan a resistencias iguales, porque, si la solución a través de la cual ellos se mueven es la misma, su naturaleza no es idéntica; en todo caso, habría que probarla en principio que iones diferentes están sometidos a resistencias iguales cuando ellos se mueven con la misma velocidad”

(Faraday, citado por Ostwald, 1912)

En este fragmento de texto, Faraday describe un experimento donde pone a prueba la acción electroquímica mediante la variación de la concentración (en este caso ácido sulfúrico).

Posteriormente se plantean unas preguntas a considerar y que servirán como preguntas orientadoras para la realización de la actividad experimental. Dichas preguntas son:

- *¿Como es la variación de la intensidad de la corriente eléctrica en diferentes disoluciones electrolíticas de diferente naturaleza: ácida, básica y salina?*
- *¿Cómo se puede explicar este fenómeno desde los fundamentos teóricos actuales?*

Luego se presenta la descripción de experimento propuesto, mencionando también los materiales, equipo y reactivos que se pueden emplear para la realización de este. Esta descripción se presenta de la siguiente manera:

Para establecer la relación entre la concentración del electrolito, el cambio de las sustancias, la intensidad de corriente, entre otros factores, se usan un par de electrodos del mismo tipo (carbono, hierro, cobre, zinc, etc.) y del mismo grosor que se sumergen en la solución de electrolito (se recomienda bicarbonato de sodio,

vinagre, hipoclorito de sodio (decol)), cuya concentración dependerá de la naturaleza de electrolito (ya que, por ejemplo, la concentración en la que encontramos, comercialmente, el vinagre es diferente a la concentración del hipoclorito de sodio). Cada uno de los electrodos se conecta por medio de cable terminal caimán-caimán, de tal manera que uno de los electrodos se conecta a una fuente o pila de 9 voltios y el otro electrodo se conecta al multímetro. Posteriormente, la otra terminal del multímetro se conecta a la fuente o pila de 9 voltios, completando así el circuito.

Se varia la concentración inicial del electrolito con la adición de agua, ya sea con una jeringa (se recomienda jeringa de 10 mL) o algún recipiente volumétrico; y se toman los registros de la intensidad de corriente con cada adición.

Por último, se presenta una ilustración del montaje del experimento.

6.2.7. Actividad de cierre.

Con la finalidad de conocer la percepción y la experiencia del grupo con el cual se llevó a cabo la prueba piloto en el desarrollo de las actividades experimentales y de contextualización se diseña un instrumento (ver anexo 8) con preguntas abiertas, y en los cuales también se pretende valorar con los participantes, la comprensión de los textos originales de los científicos con las actividades experimentales desarrolladas.

Las anteriores actividades, en especial, las actividades experimentales del material didáctico desarrollado, están asociadas a textos históricos analizados, de los cuales se han utilizado fragmentos de los mismos en apoyo a la finalidad de cada actividad.

Además de lo anterior, las actividades propuestas han sido realizadas previamente por parte del investigador, junto con la selección del material, la prueba de los montajes, cuyos resultados y análisis se presentan en el siguiente capítulo.

7. RESULTADOS Y ANÁLISIS

A partir del análisis de los textos originales y los desarrollos experimentales presentados en los anteriores capítulos, donde se detallan algunas variables que se analizaron por parte del docente investigador, se presentan los siguientes resultados con sus respectivos análisis en relación con dichas variables.

7.1. Resultados y análisis de la actividad experimental previa

En la actividad experimental previa desarrollada por el docente investigador, se obtienen resultados para cada una de las pruebas con los distintos electrolitos (ver anexo 9). De acuerdo a los resultados obtenidos se realizan las siguientes graficas para la prueba 1 (Figura 9, 10 y 11) relacionando cada parámetro desarrollado y la intensidad de corriente obtenida usando como electrolito bicarbonato de sodio (NaHCO_3):

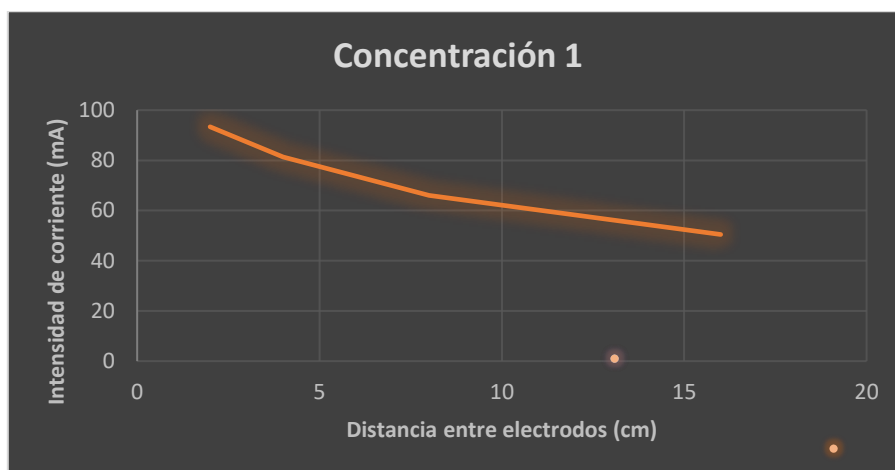


Figura 9. Intensidad de corriente vs distancia entre electrodos, prueba No 1, concentración 1. Autoría propia.

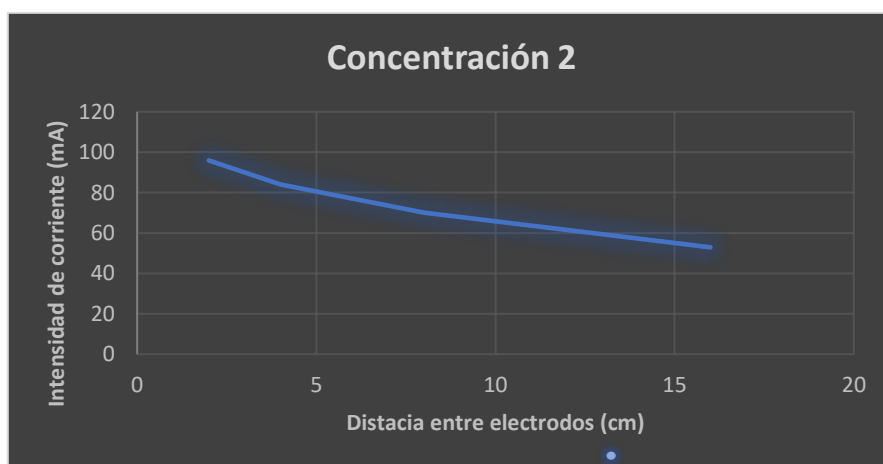


Figura 10. Intensidad de corriente vs distancia entre electrodos, prueba No. 1, concentración 2. Autoría propia.

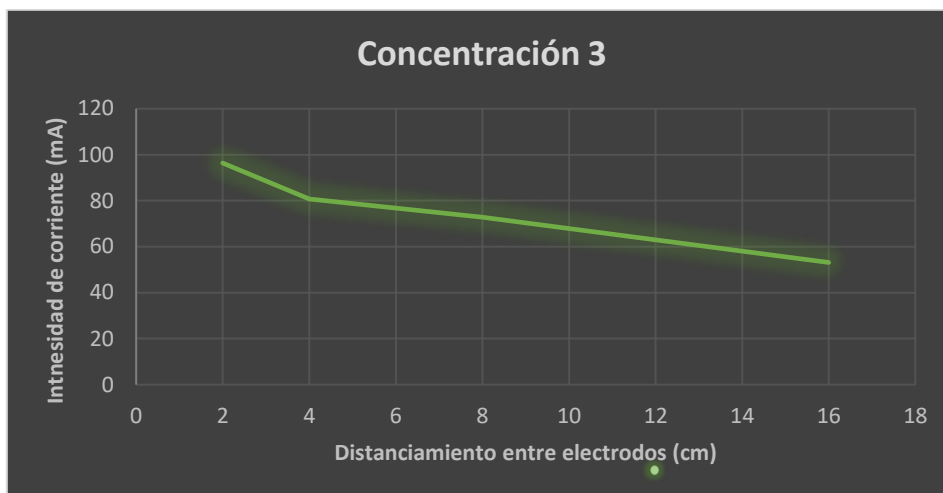


Figura 11. Intensidad de corriente vs distancia entre electrodos, prueba No. 1, concentración 3. Autoría propia.

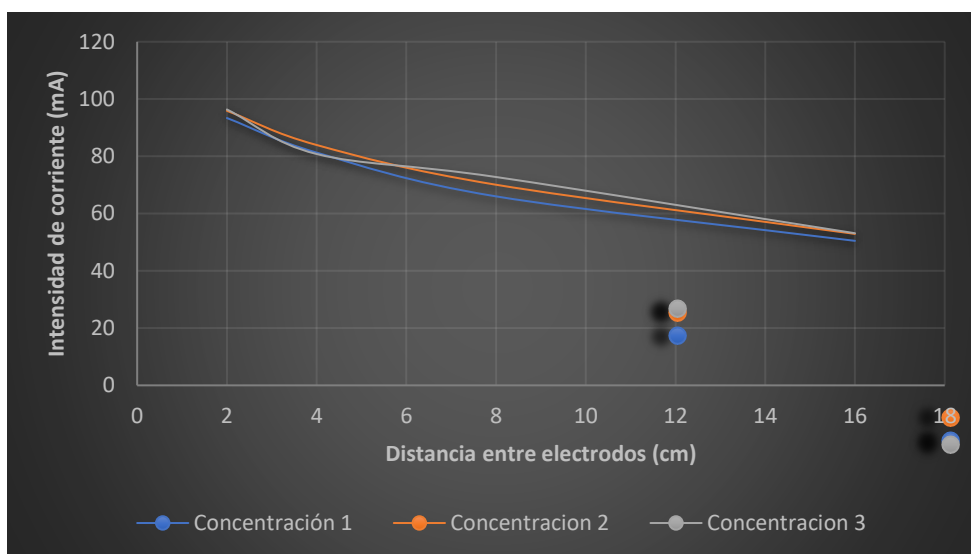


Figura 12. Intensidad de corriente vs distancia entre electrodos, prueba No. 1. Autoría propia.

Se puede evidenciar que a medida que la distancia entre los electrodos se incrementa, la intensidad de la corriente eléctrica disminuye debido a que, como menciona Faraday *el flujo de corriente que suministra sufre disminución en cualquier sustancia debido a un considerable aumento de su longitud* (Faraday, 1849, p. 214), también interpretado como, que se incrementa la distancia que tiene que recorrer el flujo eléctrico desde un electrodo hasta el otro y por ello su intensidad se ve disminuida. En el caso del electrolito bicarbonato de sodio, se observa que estos valores fluctúan desde los 96 mA hasta 50 mA aproximadamente, siendo los valores levemente más alto cuando los electrodos están cerca y en bajas concentraciones de electrolito (en este caso la concentración 3 es la que tiene más baja concentración) como se puede apreciar en la figura 12.

Así mismo, se realizan las siguientes graficas para la prueba 2 (Figura 13, 14 y 15) relacionando cada parámetro desarrollado y la intensidad de corriente obtenida usando como electrolito hipoclorito de sodio (NaClO):

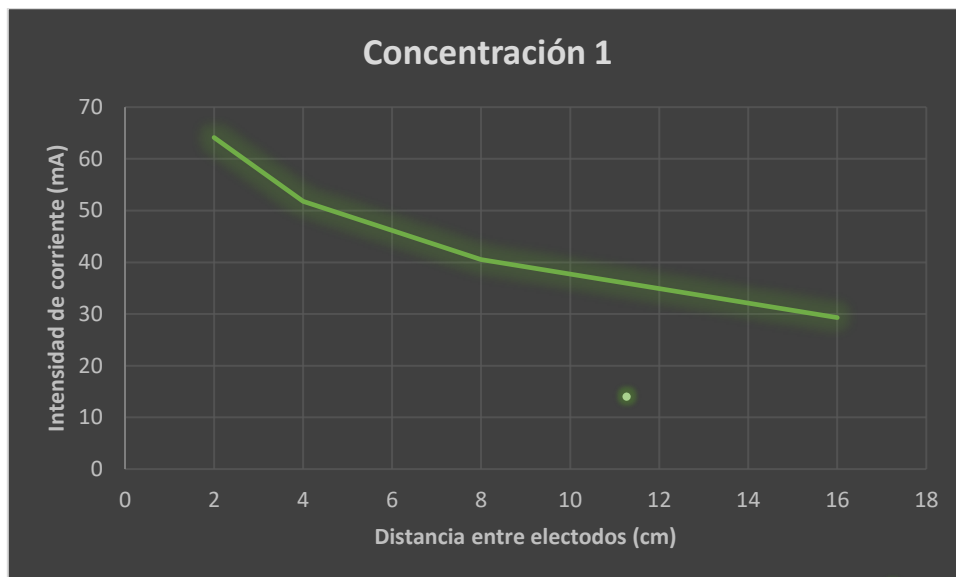


Figura 13. Intensidad de corriente vs distancia entre electodos, prueba No. 2, concentración 1. Autoría propia.

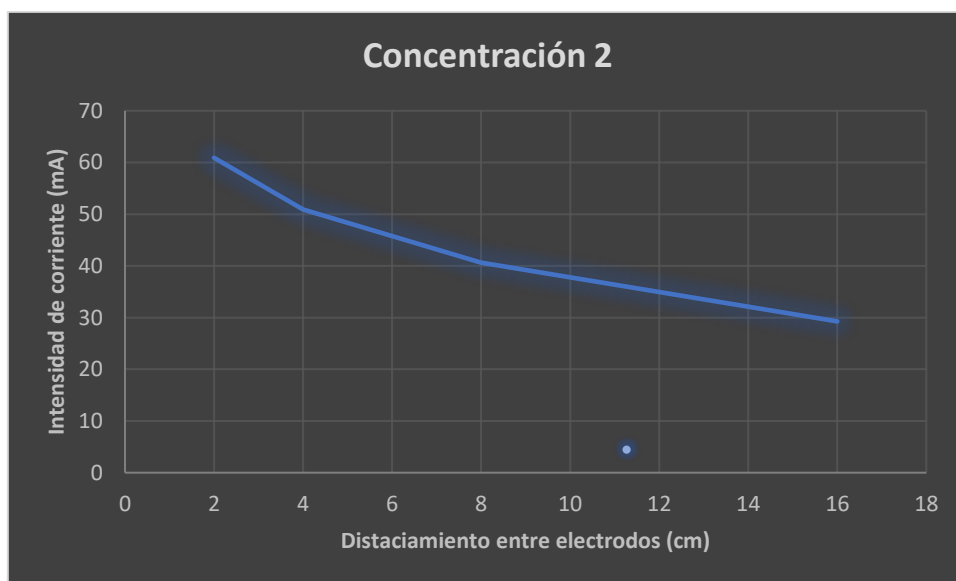


Figura 14. Intensidad de corriente vs distancia entre electodos, prueba No. 2, concentración 2. Autoría propia.

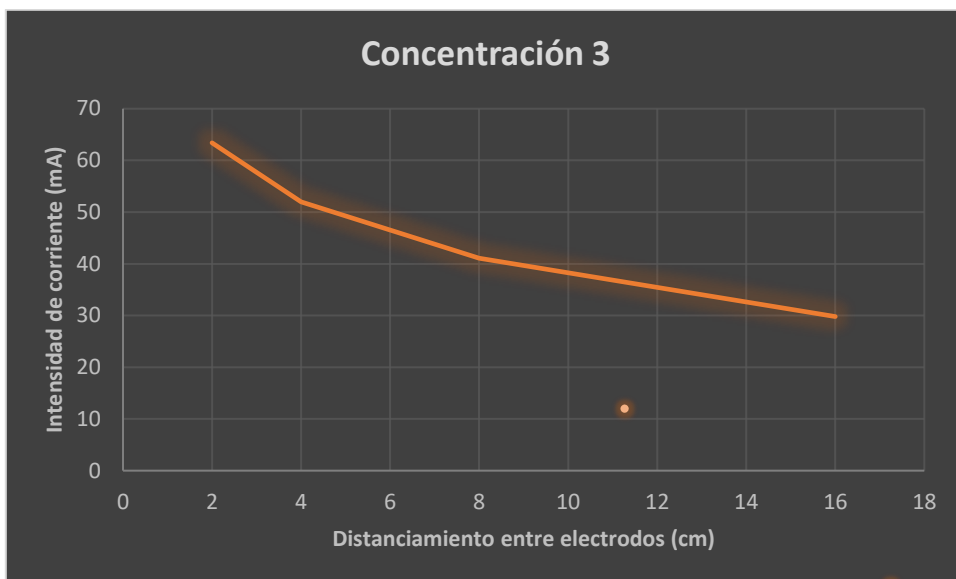


Figura 15. Intensidad de corriente vs distancia entre electrodos, prueba No.2, concentración 3. Autoría propia.

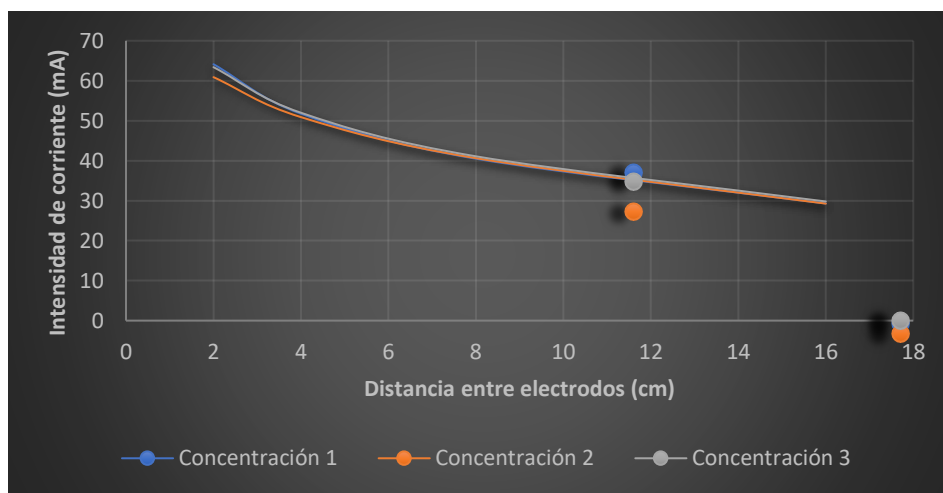


Figura 16. Intensidad de corriente vs distancia entre electrodos, prueba No. 2. Autoría propia

Se puede evidenciar que, de manera similar al electrolito de bicarbonato de sodio, a medida que la distancia entre los electrodos se incrementa, la intensidad de la corriente eléctrica disminuye debido a que se incrementa la distancia que tiene que recorrer el flujo eléctrico desde un electrodo hasta el otro. En el caso del electrolito Hipoclorito de sodio, se observa que estos valores fluctúan desde los 63 mA hasta 29 mA aproximadamente, siendo los valores levemente más alto cuando los electrodos están cerca y en bajas concentraciones de electrolito, como se puede apreciar en la figura 16.

Por último, se realizan las siguientes graficas para la prueba 3 (Figura 17, 18 y 19) relacionando cada parámetro desarrollado y la intensidad de corriente obtenida usando como electrolito ácido muriático (HCl):

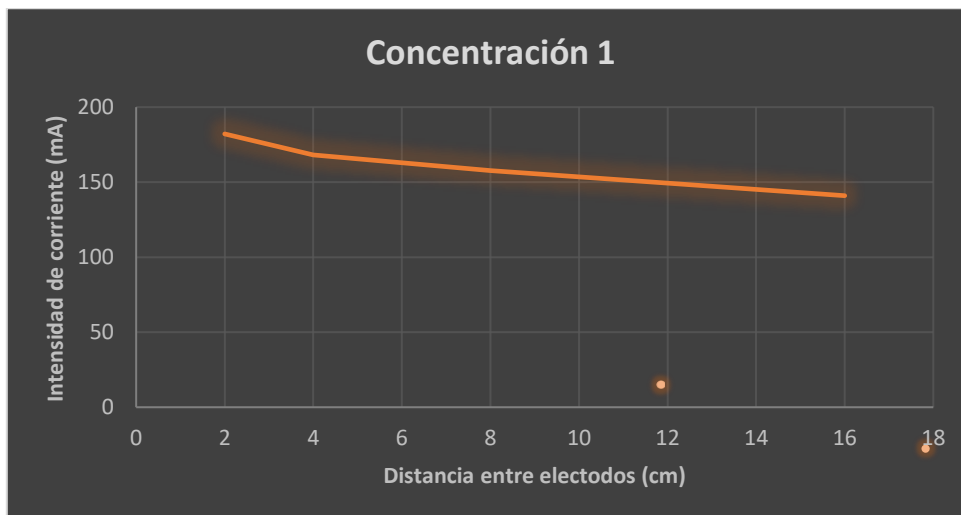


Figura 17. Intensidad de corriente vs distancia entre electodos, prueba No. 3, concentración 1. Autoría propia.

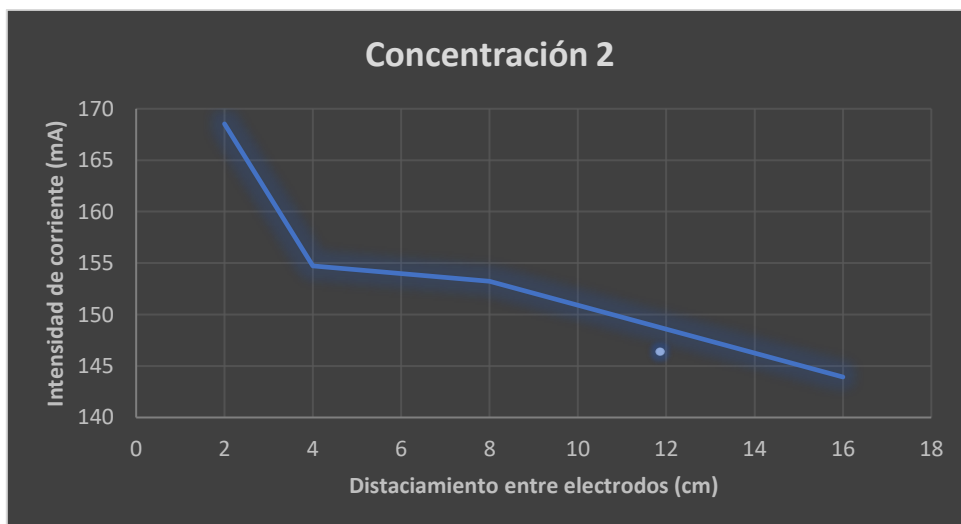


Figura 18. Intensidad de corriente vs distancia entre electodos, prueba No. 3, concentración 2. Autoría propia.



Figura 19. Intensidad de corriente vs distancia entre electrodos, prueba No. 3, concentración 3. Autoría propia

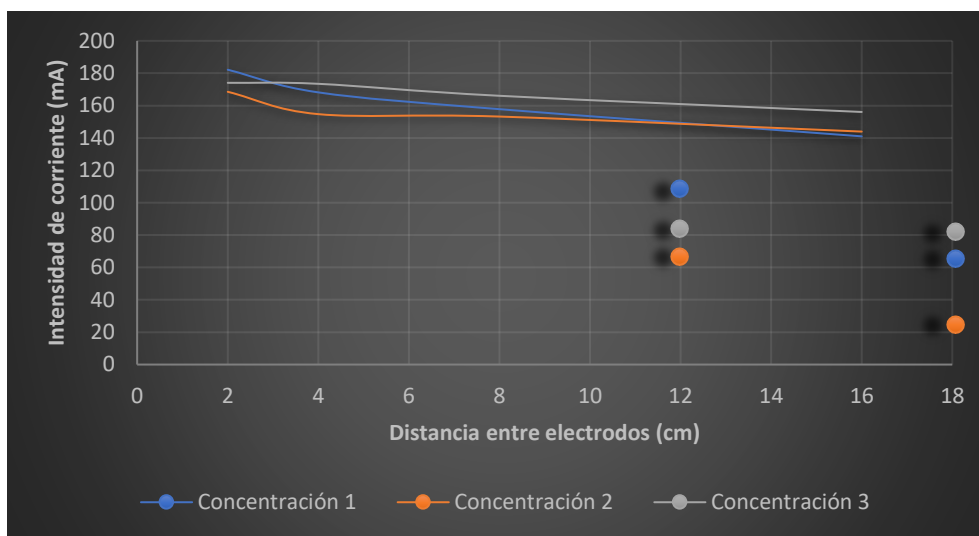


Figura 20. Intensidad de corriente vs distancia entre electrodos, prueba No. 3. Autoría propia

Se puede evidenciar que a medida que la distancia entre los electrodos se incrementa, la intensidad de la corriente eléctrica disminuye debido a que se incrementa la distancia que tiene que recorrer el flujo eléctrico desde un electrodo hasta el otro, mostrando la misma tendencia que los otros electrolitos en las anteriores pruebas y corroborando la afirmación realizada por Faraday donde menciona, en otras palabras, que sin importar la naturaleza de la sustancia usada como electrolito, la intensidad de la corriente sufrirá una disminución por cualquier aumento en la longitud entre los electrodos o polos. En el caso

del electrolito ácido muriático, se observa, en la figura 20, que estos valores fluctúan desde los 182 mA hasta 140 mA aproximadamente para las tres concentraciones, siendo los valores levemente más alto cuando los electrodos están cerca y en bajas concentraciones de electrolito con una tendencia similar al de las anteriores pruebas.

El electrolito ácido mostró mejores comportamientos en la intensidad de la corriente eléctrica en términos de que muestra valores más altos y que, la diferencia entre la distancia entre los electrodos, afecto levemente menos a la diferencia de intensidad de corriente eléctrica en comparación con los otros electrolitos.

7.2. Resultados y análisis de implementación del material didáctico desarrollado

A partir de la implementación del material didáctico desarrollado durante la prueba piloto se obtuvieron unos resultados por parte de los estudiantes que participaron en dicha prueba y cuyos análisis se muestran a continuación:

7.2.1. Resultados y análisis de la actividad introductoria

Las líneas de tiempo realizadas por los estudiantes muestran una tendencia en relación a que los participantes, en común, mencionan varios filósofos y científicos, y sus aportes (tabla 4)

Filósofo/Científico mencionado	Aporte realizado
Empédocles	la materia no puede originarse de la nada y que la materia no puede ser destruida. Todos los acontecimientos del mundo se basan en un cambio de forma o en la combinación o división de sustancias
Demócrito	Sustancias están compuestas de partículas infinitamente pequeñas e inseparables, a las que llamó átomos. Estos varían en forma y tamaño y producen diferentes productos según las diferentes formas en que se combinan.
Gassendi	Defendió que los átomos serían finitos, indivisibles, compactos, de diferentes tamaños, y por supuesto, creados por Dios.
Boyle	Presentó la teoría de que la materia estaba constituida por átomos y grupos de átomos. Sugirió que estos átomos se trasladaban y colisionaban unos con otros, y que estas colisiones podían provocar nuevas agrupaciones con nuevas propiedades.
Dalton	La teoría atómica, alcanza gran importancia, gracias a la ley de las proporciones múltiples descubiertas por Dalton.

Avogadro	Ley de Avogadro, que establece que volúmenes iguales de diferentes gases a la misma temperatura y presión contienen el mismo número de moléculas
Sainte-Claire-Deville	Sainte-Claire-Deville elaboran la teoría acerca de la disolución
Clausius	Trabajos sobre conductividad eléctrica de las soluciones salinas. Los primeros indicios de una idea de que las sales y otros electrolitos son capaces de disociarse parcialmente cuando se disuelven en agua.

Tabla 4. Aportes históricos más señalados en las líneas de tiempo. Autoría propia.

Desde estos resultados, los participantes resaltan los filósofos y científicos cuyo aporte se aproxima con las teorías atómicas y leyes que lo complementan y una leve referencia a los trabajos de conductividad eléctrica en soluciones y sobre la teoría de la disolución. Sin embargo, aunque no se establece una relación directa entre las teorías de la disolución y las teorías atómicas, los estudiantes identificaron y destacaron, los aportes que señala Arrhenius en su texto “Desarrollo de la teoría de la disociación electrolítica”.

En cuanto a la lectura detallada se resaltan los siguientes comentarios (tabla 5):

No. estudiante	Fragmento del texto	Comentarios realizados por el estudiante
1	<i>"A primera vista, nada parece más obvio que todo tiene un principio y un final, y que todo se puede subdividir en partes más pequeñas"</i>	Parece que se cree que hay cosas que no se subdividen en partes más pequeñas
	<i>"estoicos"</i>	Zenón de Citio en el 301 a. C. Su doctrina filosófica estaba basada en el dominio y control de los hechos, cosas y pasiones que perturban la vida, valiéndose de la valentía y la razón del carácter personal.
2	<i>"todo tiene un principio y un final, y que todo se puede subdividir en partes más pequeñas".</i>	Según los estoicos decir que este concepto es completamente innecesario, aplica en la actualidad también. Ahora con la teoría de cuerdas, ¿existe una partícula más pequeña dentro de esta teoría y así sucesivamente hasta obtener un mundo finito? Por otro lado, ¿no existe ninguna partícula elemental? ¿Que después de esa no haya más?
	<i>"Estos varían en forma y tamaño y producen diferentes productos según las diferentes formas en que se combinan".</i>	Se tiene la noción de reacción química, transformación. Quizás en este punto nace el núcleo de estudio de la química, estudiar la transformación de la materia.

	<i>"Se basaron en la teoría de la disociación que había sido elaborada en 1857 por Sainte-Claire-Deville y elaborada por sus alumnos. Desde tiempos inmemoriales se ha hecho uso del hecho de que a altas temperaturas la piedra caliza desprende dióxido de carbono para formar cal viva"</i>	Sainte-Claire-Deville - Se empieza a hablar ya no solo de átomo, molécula sino también de ión.
	<i>"Estos estudios fundamentales son básicos para la teoría de la disociación, que desde entonces ha desempeñado un papel cada vez más importante en la química y, por así decirlo, ha creado un amplio puente entre las ciencias físicas y químicas"</i>	Si explicamos fenómenos químicos desde un discurso físico, ¿realmente estamos hablando de Química o física? ¿Se está perdiendo la naturaleza química?
	<i>"En apoyo de esta hipótesis, señaló que, de hecho, ya en 1852, Williamson, en su teoría histórica de la formación de ésteres, asumió un intercambio similar de constituyentes entre las moléculas".</i>	¿Se descubre una nueva manera de enlace entre moléculas y átomos?, sin embargo, ¿es pertinente seguir llamando enlace iónico o mejor llamarlo desde el fenómeno atracción eléctrica?
	<i>"Por lo tanto, se me llevó a la suposición de que las moléculas eléctricamente activas también son químicamente activas y que, a la inversa, las moléculas eléctricamente inactivas también son químicamente inactivas, al menos en términos relativos"</i>	Esto es completamente lógico ya que un enlace iónico solo se da por cargas si no existe ninguna sería imposible este tipo de enlace.
	<i>"Debido a que todos los electrolitos en un estado extremadamente diluido son completamente activos, los ácidos débiles deben aumentar en fuerza cuando se diluyen y aproximarse a la de los ácidos más fuertes".</i>	Muy interesante, nunca lo había pensado de esa forma.
	<i>"Esto se debe a la propiedad de la fluoresceína de disociarse en un grado muy leve"</i>	No sólo se comprueba que los iones de los átomos intervienen en la estructura y reacciones químicas, sino que también tienen propiedades fluorescentes muy utilizadas en la actualidad.
3	<i>"Sin embargo, por razones completamente especulativas, los filósofos de la Antigüedad, especialmente los estoicos, concluyeron que este concepto era completamente innecesario"</i>	Una revisión a este principio filosófico planteado por los Estoicos refleja parte de las contradicciones conceptuales que hasta el día de hoy se siguen presentando.

	<p><i>"Empédocles enseñó que la materia no puede originarse de la nada y que la materia no puede ser destruida. Todos los acontecimientos del mundo se basan en un cambio de forma o en la combinación o división de sustancias. Fuego, aire, agua y tierra son los cuatro elementos de los que se compone todo. Un ciclo continuo es la característica principal de la naturaleza"</i></p>	<p>Planteamientos filosóficos como este, sientan las bases de un conocimiento científico y una ciencia que estaba en desarrollo, se comienza a hablar de elementos y se plantea lo que hoy se conoce como el principio y conservación de la materia.</p>
	<p><i>"Esta teoría de los átomos fue resucitada por Gassendi alrededor de 1650 y posteriormente adoptada por Boyle y Newton"</i></p>	<p>Tanto Gassendi como Boyle y Newton se basaron en las teorías de Demócrito para plantear sus puntos de vista y complementar o modificar los planteamientos iniciales para así generar nuevo conocimiento científico.</p>
	<p><i>"la ley de Avogadro, que establece que volúmenes iguales de diferentes gases a la misma temperatura y presión contienen el mismo número de moléculas"</i></p>	<p>La ley de Avogadro o principio de Avogadro como también se le suele conocer es uno de los grandes pilares de la química y ha servido en gran manera para facilitar la explicación de fenómenos químicos</p>
	<p><i>"Mientras tanto, había que superar ciertos problemas antes de que se pudiera aceptar la ley de Avogadro. Se encontró, por ejemplo, que el volumen molecular del cloruro de amonio, NH_4Cl, en estado gaseoso es mayor de lo que se supondría en base a su composición química"</i></p>	<p>Situaciones y problemas que impedían del todo la aceptación de la ley de Avogadro generan nuevos descubrimientos y consecuentemente un avance y contribución a la ciencia.</p>
	<p><i>"en la teoría de la disociación que había sido elaborada en 1857 por Sainte-Claire-Deville y elaborada por sus alumnos"</i></p>	<p>Teorías como la de la disociación son producto de la construcción colectiva entre un científico y sus alumnos, hecho que nos propone un reto como profesores en formación en el área de las ciencias.</p>
	<p><i>"Clausius sostenía que durante el intercambio de iones a veces, aunque muy raramente, ocurría que un ión permaneciera libre en la solución durante un corto período de tiempo"</i></p>	<p>Científicos como Clausius que trabajo acerca de la conductividad eléctrica en las soluciones salinas y Williamson que trabajo en la teoría de la formación de esteres, demuestran como por medio de la investigación científica, se pudo llegar a entender parcialmente como se dan las interacciones intramoleculares más específicamente a nivel iónico.</p>
	<p><i>"Bouty y, en particular, Kohlrausch idearon métodos para determinar la</i></p>	<p>Estos métodos y trabajos experimentales realizados por estos</p>

	<i>conductividad eléctrica de las soluciones salinas"</i>	científicos ayudaron a formar lo que en la actualidad es el campo de la electroquímica
	<i>"Una examinación de los valores numéricos aducidos por Kohlrausch y otros para la conductividad eléctrica de ácidos y bases en comparación con las mediciones de Berthelot y Thomson de sus fuerzas relativas en términos de su efecto químico me mostró que los ácidos y bases con la mayor conductividad son también los más fuerte"</i>	Los estudios realizados por científicos e investigadores en este campo, suponen un gran avance en lo que refiere al comportamiento de las sustancias acidas y básicas, así como su relación entre cómo se disocian y como conducen electricidad.
	<i>"Debido a que todos los electrolitos en un estado extremadamente diluido son completamente activos, los ácidos débiles deben aumentar en fuerza cuando se diluyen y aproximarse a la de los ácidos más fuertes".</i>	Los electrolitos débiles y los electrolitos fuertes ayudan en gran manera a la comprensión de cómo se disocian y hasta qué punto lo hacen las sustancias, facilitando en gran manera la comprensión de muchos temas de gran interés.
	<i>"De acuerdo con esta teoría, los ácidos y bases fuertes, así como las sales, están en dilución extrema casi completamente disociados en sus iones, por ejemplo, HCl en H⁺ y Cl⁻, NaOH en Na⁺ y OH⁻, y NaCl en Na⁺ y Cl⁻. Por otro lado, el agua apenas se disocia en absoluto. La reacción de neutralización de un ácido fuerte con una base fuerte"</i>	Estas determinaciones o conclusiones a las que se llega de que la mayoría de las sales y casi todas las bases y ácidos fuertes se disocian supone un gran avance en la química ya que a partir de allí se da origen varios trabajos experimentales e investigativos
	<i>"las mediciones directas realizadas por De Vries como los puntos de congelación de las soluciones electrolíticas mostraron una presión osmótica mucho más alta de lo que se hubiera esperado de la fórmula química"</i>	Algunas conclusiones a las que llegan científicos y expertos en un determinado tema no siempre están del todo correctas un ejemplo de ello es lo presentado en este apartado del texto donde se demostró que la presión osmótica de un soluto determinada mediante el punto de congelación de su solución no coincide con lo hallado por DeViries.
	<i>"las propiedades de una solución electrolítica altamente diluida están compuestas por los diferentes iones que componen el electrolito. Ya se sabía que este era el caso en muchos casos, y Valson había elaborado para este propósito tablas de sus llamados módulos"</i>	Gracias al trabajo adelantado por Valson en la elaboración de estos módulos se puede entender más fácilmente como se relacionan cada una de las propiedades de los electrolitos, así como de sus iones

	<i>"Una propiedad de naturaleza física, pero muy utilizada por el químico analítico, es el color en las soluciones. Esto ha sido investigado a fondo por Ostwald"</i>	Ostwald adelanto una muy importante investigación acerca de muchos de los aspectos de la química analítica, dentro de ellos esta los estudios sobre colorimetría y disociación de algunas especies químicas.
	<i>"Las investigaciones de Ostwald sobre los iones "coloreados" dan un ejemplo particularmente sorprendente de la aplicabilidad de las ideas que subyacen a la teoría de la disociación electrolítica"</i>	Estos trabajos experimentales y los datos que allí se obtienen son de gran importancia para la ciencia y para la construcción del conocimiento científico, este trabajo experimental en particular contribuye al entendimiento de cómo se dan las relaciones entre iones y las propiedades de estos
	<i>"Las leyes de los gases, que se aplican a las soluciones diluidas, han permitido en un gran número de casos calcular los grados de disociación"</i>	Las leyes de los gases, permitieron a científicos como Ostwald un estudio más detallado, enfocado y productivo de aspectos como los ácidos fuertes, débiles, así como la manera en que estos se disocian en un medio.
	<i>"He estudiado el equilibrio entre un gran número de electrolitos y se ha encontrado que concuerda bien con los valores obtenidos sobre la base de la teoría de la disociación"</i>	Este trabajo de recopilación hecho por Arrhenius, así como específicamente el estudio del equilibrio entre los electrolitos significa un gran aporte para la comunidad científica, gracias a aportes como el de este científico se puede trabajar en áreas como el equilibrio químico y la cinética química con un poco más de herramientas.
	<i>"En este estudio, que no pretende ser exhaustivo, también deben mencionarse las exhaustivas investigaciones de Van 't Hoff, Ostwald y, en particular, Nernst sobre la fuerza electromotriz de los iones"</i>	La recopilación de actividades experimentales, leyes abordadas y conclusiones a las que se llegó en su momento, así como la refrendación o debate de estas mismas conclusiones, son un material de gran valor pues es gracias a textos como este que se conoce e indaga un poco más sobre la historia de la química
4	<i>"todo tiene un principio y un final, y que todo se puede subdividir en partes más pequeñas".</i>	Podemos observar que a pesar de los años muchos de las teorías que usamos actualmente ya se venían utilizando a pesar de las muchas veces las hallan contradicho con el paso de la historia
	<i>"Empédocles enseñó que la materia no puede originarse de la nada y que la materia no puede ser destruida"</i>	Empédocles nos brinda unos interrogantes los cuales serían una base fundamental muy importante para la investigación ya que se

	<p>buscaría saber cómo es el origen de toda esta materia ya que no puede surgir de la nada</p>
<p><i>"Las teorías de Demócrito coinciden aún más estrechamente con nuestros puntos de vista modernos. Sostuvo que las sustancias están compuestas de partículas infinitamente pequeñas e inseparables, a las que llamó átomos"</i></p>	<p>Este es un gran aporte de Demócrito ya que mediante él se basa toda la química y muchas de las investigaciones en la actualidad</p>
<p><i>"la ley de Avogadro, que establece que volúmenes iguales de diferentes gases a la misma temperatura y presión contienen el mismo número de moléculas"</i></p>	<p>El principio de Avogadro como se conoce en la química actual ha ayudado en la explicación de fenómenos químicos especialmente de los gases ya que tiene una gran exactitud al momento de comparar la teoría con la práctica</p>
<p><i>"Esta teoría, que data de principios del siglo XIX, se encontró por primera vez con una fuerte oposición y fue de gran valor para explicar los nuevos descubrimientos dentro del campo en rápida expansión de la química orgánica"</i></p>	<p>Como se conoce la ciencia tiene su maravilla y es que cuando no todo resulta de la mejor manera o por alguna razón hay una contradicción siempre se busca una nueva investigación que ayude a comprobar y de allí puede nacer nuevos descubrimientos</p>
<p><i>"la teoría de la disociación que había sido elaborada en 1857 por Sainte-Claire-Deville y elaborada por sus alumnos"</i></p>	<p>Este aporte a la ciencia que constituye a una sustancia electrolítica con partes cargadas de electricidad a medida que se disuelve y partes cargadas neutras tiene un gran valor para mí desde un punto de vista profesional ya que se observa el gran trabajo que puede llegar a tener un docente de la mano con sus alumnos y tener un gran proceso de aprendizaje para lograr cosas excepcionales</p>
<p><i>"Bouty y, en particular, Kohlrausch idearon métodos para determinar la conductividad eléctrica de las soluciones salinas"</i></p>	<p>Acá encontramos un gran aporte en el campo de la electroquímica que sería muy benéfico para grandes investigaciones</p>
<p><i>"Debido a que todos los electrolitos en un estado extremadamente diluido son completamente activos, los ácidos débiles deben aumentar en fuerza cuando se diluyen y aproximarse a la de los ácidos más fuertes".</i></p>	<p>Los electrolitos pueden ser débiles o fuertes, según estén parcial o totalmente ionizados en medio acuoso ayudando a comprender la disociación de las sustancias disociándose en iones totalmente como parcialmente</p>

Tabla 5. Comentarios más destacados de los estudiantes a partir de la lectura detallada. Autoría propia

A partir de estas respuestas se realiza el análisis a nivel individual, en la comprensión del contexto histórico en el cual surge la fenomenología del ión y de la disociación electrolítica, como se aprecia en la tabla 6.

Estudiante 1	<p>Entre los comentarios más destacados de este estudiante, se señala que, para el contexto histórico, se pensaba que a pesar de que <i>“todo se puede subdividir en partes más pequeñas”</i> se podría intuir que había <i>“cosas que no se subdividen”</i> otorgándole un carácter finito a la materia.</p> <p>Además, menciona en que consiste la doctrina y pensamiento de los “estoicos”.</p> <p>En relación con la fenomenología del ión y la disociación electrolítica, el estudiante señala indicios y aspectos iniciales de la teoría atómica. Sin embargo, no lo asocia con el ión o la disociación electrolítica</p>
Estudiante 2	<p>Entre los comentarios más destacados, el estudiante señala y establece relación entre la concepción de la materia en esa época y el conocimiento actual frente a ese tema, mencionando la “teoría de las cuerdas”.</p> <p>También hace referencia a las nociones iniciales de transformación de la materia, vinculando a su vez con la teoría de las disoluciones y el concepto de ión.</p> <p>El estudiante también menciona en varios comentarios sobre el papel e importancia de los tipos de enlaces químicos.</p> <p>En relación con la fenomenología del ión y la disociación electrolítica, el estudiante tiene en cuenta el contexto histórico y el comportamiento de los fenómenos que se describen en el texto, en relación con la concepción actual frente a esta fenomenología.</p>
Estudiante 3	<p>Entre los comentarios más destacados, el estudiante es más detallado en la relación a cómo, cada aporte histórico y conceptual, ha contribuido en la construcción de diversas teorías en la química y en el campo de la electroquímica.</p> <p>En relación con la fenomenología del ión y la disociación electrolítica, el estudiante menciona y resalta los aportes que han llevado al progreso de la ciencia y el conocimiento en este aspecto, y como, cada aporte mencionado por el estudiante, está relacionado con el ión, la disolución o la disociación electrolítica.</p>
Estudiante 4	<p>Entre los comentarios más destacados, el estudiante resalta como cada aporte contribuye en los constructos teóricos que se tienen actualmente en la química y en el campo de la electroquímica.</p> <p>En relación con la fenomenología del ión y la disociación electrolítica, el estudiante resalta los aportes que contribuyeron al progreso de la química y también lo relaciona con la labor docente como medio para realizar estudios de la fenomenología el ión, la disolución o la disociación electrolítica, con otras personas contribuyendo a procesos de aprendizaje</p>

Tabla 6. Análisis de los comentarios realizados por los estudiantes. Autoría propia.

7.2.2. Resultados y análisis de las actividades experimentales.

De las actividades experimentales realizadas por los participantes se obtienen los siguientes resultados:

- Actividad experimental: Distancia entre electrodos:

	Solución utilizada como electrolito	Distancia entre electrodos	Medida de intensidad de corriente	Observaciones cualitativas del estudiante
Estudiante 1	Ácido muriático	1. 14,0 cm 2. 7,0 cm 3. 4,0 cm 4. 1,0 cm 5. 0,5 cm	88 μ A 76 μ A 64 μ A 62 μ A 56 μ A	
Estudiante 3	Solución de sal de cocina	1. 2,2 cm 2. 2,8 cm 3. 3,8 cm 4. 4,8 cm 5. 5,9 cm	30,5 μ A 29,0 μ A 28,7 μ A 28,4 μ A 28,1 μ A	A una mayor distancia entre los electrodos menor es la corriente que se transmite en el sistema.
Estudiante 4	Suero fisiológico 0,9 % cloruro de sodio	1. 8 cm 2. 6 cm 3. 4 cm 4. 2 cm 5. 0,5 cm	29,4 μ A 29,2 μ A 29,1 μ A 29,0 μ A 28,7 μ A	
Estudiante 5	Bicarbonato de sodio	1. 15,0 cm 2. 12,0 cm 3. 9,0 cm 4. 6,0 cm 5. 3,0 cm 6. 0,5 cm	35,5 μ A 31,3 μ A 30,7 μ A 30,4 μ A 30,2 μ A 30 μ A	

Tabla 7. Resultados de la actividad experimental: Distancia entre electrodos. Autoría propia.

En la discusión que se llevó a cabo en el aula de clase, a partir de los resultados obtenidos para la variable “distancia entre electrodos” (tabla 7), se pudo ver por parte de los estudiantes que la intensidad eléctrica en fenómeno de disociación electrolítica se ve afectada por la distancia entre los electrodos en la medida de que la intensidad disminuye conforme la distancia entre electrodos es menor. A su vez en la discusión se relaciona y se explica porque se presenta este comportamiento del fenómeno desde la teoría de la

disociación electrolítica, en el sentido que la intensidad de la corriente eléctrica “*sufre disminución en cualquier sustancia debido a un considerable aumento de su longitud*” (Faraday, 1849, p. 214) teniendo en cuenta que “*la descomposición es proporcional a la cantidad de electricidad que pasa, cualquiera sea su intensidad o su fuente*” (Faraday, 1849, p. 242). y que está delimitada por los polos o electrodos; se indica también que si la distancia entre electrodos se incrementa también se incrementa la cantidad de electrolito delimitado que sufría el fenómeno de disociación electrolítica y que se reflejaba en el aumento de la intensidad de la corriente.

- Actividad experimental: Efecto temperatura y la conductividad eléctrica:

	Temperatura	Distancia entre electrodos	Intensidad de corriente	Observaciones cualitativas del estudiante
Estudiante 3	Caliente	3,0 cm	34,7 μA	Se pudo determinar que entre mayor sea la temperatura a la cual se encuentre el sistema mayor es la corriente que pasa por el mismo, caso contrario a lo que pasa cuando el sistema se encuentra a una temperatura menor.
		6,0 cm	35,3 μA	
	Fría	3,0 cm	28,3 μA	
		6,0 cm	27,7 μA	
Estudiante 4	"Caliente"	2,0 cm	32,3 μA	Baño maría y Zinc se puede observar un incremento en la velocidad de reacción
		5,0 cm	32,7 μA	
	"Fría"	2,0 cm	29,7 μA	En cambio, en temperaturas muy bajas se ve una velocidad de reacción menor y por ende un flujo de electrones menor.
		5,0 cm	30,5 μA	
Estudiante 5	Caliente	2,0 cm	33,0 μA	
		5,0 cm	35,0 μA	
	Fría	2,0 cm	31,3 μA	
		5,0 cm	34,3 μA	

Tabla 8. Resultados de la actividad experimental: efecto temperatura y la conductividad eléctrica. Autoría propia.

En la discusión que se llevó a cabo en el aula de clase, a partir de los resultados obtenidos para la variable “temperatura” (tabla 8), se pudo ver por parte de los estudiantes que la intensidad eléctrica en fenómeno de disociación electrolítica se ve afectada por la temperatura, ya que esta intensidad disminuye a medida que disminuye la temperatura del sistema. También en la discusión se menciona (por parte de los estudiantes) que “la energía que tenga en un momento el sistema puede afectar aspectos como la energía de activación, la velocidad de reacción y, en este caso, el flujo de electrones” y que se refleja en los valores de la intensidad de la corriente eléctrica en el fenómeno de disociación electrolítica.

- Actividad experimental: Efecto dimensiones de electrodos


	Grosor	Intensidad de corriente	Observaciones cualitativas del estudiante
Estudiante 1	Grosor de ambos es igual a 1 mm	31,18 μA	
	Grosor de uno 1 mm y el otro +/- 3 mm	64,5 μA	
Estudiante 3	El grosor de ambos es delgado (0,7mm).	21,2 μA	El grosor del electrodo en este caso específico la mina, influye de manera directa en el flujo de corriente que hay en el sistema, a un menor diámetro del electrodo menor capacidad de conducir corriente y a un mayor diámetro mayor es la capacidad de conducir corriente.
	El grosor de uno es delgado (0,7mm) y de otro es grueso (2,0 mm).	18,9 μA	
Estudiante 4	Grosor de ambos delgado	20,7 μA	
	Uno delgado y el otro más grueso	19,9 μA	
Estudiante 5	Grosor de ambos delgado	21,9 μA	
	Uno delgado y el otro más grueso	18,4 μA	

Tabla 9. Resultados de la actividad experimental: Efecto dimensiones de electrodos. Autoría propia.

En la discusión que se llevó a cabo en el aula de clase, a partir de los resultados obtenidos para la variable “dimensiones de electrodos” (tabla 9), se pudo ver por parte de los estudiantes que la intensidad eléctrica en fenómeno de disociación electrolítica no se ve importantemente afectada por las “dimensiones” (área superficial expuesta) de los

electrodos en la medida de que la intensidad presenta un cambio leve entre la prueba donde los electrodos son de la misma dimensión y la prueba donde los electrodos tienen diferentes dimensiones. En dicha discusión se menciona que dicho cambio se puede relacionar con la forma en la que la carga eléctrica generada en el fenómeno de disociación electrolítica se ve distribuida de diferente manera según la superficie del electrodo.

- Actividad experimental: Efecto concentración de electrolito:

	Concentración del electrolito	Distancia entre electrodos	Intensidad de corriente	Observaciones cualitativas del estudiante
Estudiante 3	Disolución de agua con sal al $35\% \frac{P}{V}$ (10mL) + (30mL) de agua.	2,2 cm	30,1 μ A	Con la variación de concentraciones del electrolito manteniendo la temperatura se pudo determinar que la concentración es un factor que influye de manera directa en cómo se comporta el sistema pues aun así manteniendo los mismos electrodos se obtuvieron medidas diferentes.
		3,9 cm	29,7 μ A	
	Disolución de agua con sal al $35\% \frac{P}{V}$ (10mL) + (50mL) de agua.	2,0 cm	33,9 μ A	
		4,0 cm	33,1 μ A	
	Disolución de agua con sal al $35\% \frac{P}{V}$ (10mL) + (60mL) de agua	2,0 cm	35,6 μ A	
		4,0 cm	34,7 μ A	
Estudiante 4	Suero fisiológico 20ml +20ml agua	2,0 cm	29,1 μ A	Al inicio de la experimentación se analizaba que al disminuir la concentración de igual manera el flujo de energía disminuiría, pero al realizar el análisis textual con el docente se observa lo contrario que a medida que disminuye la concentración aumenta el flujo de energía ya que la sustancia se separa en iones produciendo un mayor flujo debido a sus cargas
		5,0 cm	28,6 μ A	
	Suero fisiológico 20ml +30ml agua	2,0 cm	26,6 μ A	
		5,0 cm	26,8 μ A	
	Suero fisiológico 20ml +40ml agua	2,0 cm	27,4 μ A	
		5,0 cm	28,1 μ A	
Estudiante 5	Bicarbonato 20ml +20ml agua	2,0 cm	26,7 μ A	En la experimentación al inicio se tenía un criterio que a mayor concentración tendría un mayor flujo de energía, pero al desarrollar el análisis con el docente y la explicación n se observa que
		5,0 cm	27,2 μ A	
	Bicarbonato 20ml +30ml agua	2,0 cm	27,5 μ A	

		5,0 cm	27,9 μ A	dependiendo la naturaleza de la sustancia por ejemplo en el bicarbonato de sodio a mayor disolución hay un mayor flujo de energía ya que los iones están más separados cubriendo una mayor trayectoria del objeto en el cual está suspendido
	Bicarbonato 20ml +40ml agua	2,0 cm	26,8 μ A	
		5,0 cm	27,4 μ A	

Tabla 10. Resultados de la actividad experimental: Efecto concentración de electrolito. Autoría propia.

En la discusión que se llevó a cabo en el aula de clase, a partir de los resultados obtenidos para la variable “concentración de electrolito” (tabla 10), se pudo ver por parte de los estudiantes que, si bien, en ciertos experimentos no era tan evidente la tendencia al aumento o disminución de la intensidad de la corriente eléctrica, en un fenómeno de disociación electrolítica, la intensidad de la corriente eléctrica tiende a aumentar en la medida de que disminuye la concentración siendo explicado desde la perspectiva de la cantidad de iones que pueden estar en el electrolito que es sometido al paso de una corriente eléctrica, delimitada por los electrodos, siendo esta cantidad de iones menor en concentraciones más bajas lo que permite mejor el paso de la corriente eléctrica, lo cual se refleja en la intensidad de esta.

- Actividad experimental: Efecto naturaleza química del electrolito:

	Naturaleza del electrolito	Distancia entre electrodos	Intensidad de corriente	Observaciones cualitativas del estudiante
Estudiante 3	Disolución de Agua con sal de cocina	2,2 cm	30,5 μ A	Se pudo llegar a determinar que la naturaleza del electrolito afecta directamente el comportamiento del sistema ya que se evidencio que en el caso del electrolito fuerte (Sal de cocina) se tenía una muy buena conducción de corriente y en el caso de los electrolitos débiles (Bicarbonato de sodio y vinagre) no hay una conducción de corriente tan eficiente
		5,9 cm	28,1 μ A	
	Disolución de Agua con Bicarbonato de Sodio.	2,5 cm	24,5 μ A	
		6,0 cm	23,8 μ A	
	Disolución de ácido Acético.	2,5 cm	20,5 μ A	
		6,0 cm	19,7 μ A	
Estudiante 4	Suero fisiológico	2,0 cm	32,0 μ A	En el cambio de electrolito se analiza que por el cambio de sustancia se
		5,0 cm	31,6 μ A	

	Agua sal	2,0 cm	31,5 μ A	puede presentar un flujo mayor o menor de energía debido a las disociaciones que puede prestar debido a que unos iones pueden presentar mayor carga eléctrica que otros		
		5,0 cm	30,5 μ A			
	Clorox blancos 10ml +10ml agua	2,0 cm	24,3 μ A			
		5,0 cm	24,8 μ A			
	Estudiante 5	Bicarbonato	2,0 cm		30,8 μ A	Según los iones del electrolito que se estén trabajando de la sustancia puede variar el flujo de energía ya que los iones de cada sustancia pueden variar su carga
			5,0 cm		30,6 μ A	
Clorox color 10ml +10ml agua		2,0 cm	37,5 μ A			
		5,0 cm	30,5 μ A			
Agua sal		2,0 cm	31,5 μ A			
		5,0 cm	30,5 μ A			

Tabla 11. Resultados de la actividad experimental: Efecto naturaleza química del electrolito.

Autoría propia.

En la discusión que se llevó a cabo en el aula de clase, a partir de los resultados obtenidos para la variable “naturaleza química del electrolito” (tabla 11), se pudo ver por parte de los estudiantes que la naturaleza química del electrolito influía en la intensidad de la corriente que se generaba en la disociación electrolítica, mostrando mejor comportamiento en “electrolitos fuertes”, los cuales consiste, en este caso, en electrolitos de sales fuertes (sal de cocina), reflejado en valores mayores de intensidad de corriente eléctrica; y, en contraste, los “electrolitos débiles”, en referencia a electrolitos de sales y ácidos débiles, mostraban un comportamiento menor, reflejado en valores inferiores de intensidad de corriente eléctrica.

Este comportamiento, en la discusión en el aula, se explica desde el enlace químico que forma estas sustancias y la facilidad que estas tienen para disociarse y formar iones en solución, desde la perspectiva de las teorías actuales de las soluciones y de la disociación.

7.3. Resultados y análisis de actividad de cierre.

En la actividad de cierre se realizaron unas preguntas abiertas con la finalidad de establecer la percepción que tienen los estudiantes frente a los fenómenos de disociación electrolítica y la validación de los instrumentos desarrollados, cuyos resultados fueron:

Para la pregunta “*A partir de la lectura de los fragmentos originales de científicos del campo de la electroquímica. Describa que factores pueden incidir en el fenómeno de*

disociación electrolítica y como es dicha incidencia” algunas de las respuestas más destacadas son:

Estudiante 2: “El factor que considero más importante para el tema de disociación electrolítica es la concentración, debido a que debe haber una correcta proporcionalidad entre el soluto y el solvente para que el fenómeno se pueda evidenciar”.

Estudiante 3: “Los fenómenos que pueden incidir en la disociación electrolítica son: la presión, la temperatura, la concentración de las sustancias presentes en el sistema, que tipo de sustancias se estén evaluando, la cantidad de cada una de las sustancias, así como si están o no disueltas”.

Estudiante 4: “Unas de los principales factores son la concentración ya que al estar más diluido hay un mayor porcentaje de disociación, la temperatura ya que al incrementarla se disminuye la atracción entre los átomos y se disocian con mayor facilidad”.

Estudiante 5: “La concentración es la magnitud más importante del fenómeno de disociación electrolítica ya que al estar más diluido hay mayor disociación. La temperatura también es determinante en el proceso de disociación electrolítica ya que cuando se eleva la temperatura se disminuye la atracción de los átomos generando una mayor disociación”.

Dentro de estas respuestas se puede ver que los estudiantes no solo vinculan los parámetros o factores analizados en las actividades experimentales, resaltando la concentración del electrolito y la temperatura del entorno, ya que, en el análisis de estas variables, los estudiantes asocian los cambios en estas variables con fenómenos de disociación electrolíticas y comportamiento de los átomos que componen el electrolito utilizado. También indican otros factores como la presión que puede incidir en el comportamiento de muchos fenómenos como la disociación electrolítica.

Para la pregunta “¿Alguna de las lecturas le presentó dificultad? Mencione la dificultad.” algunas de las respuestas más destacadas son:

Estudiante 2: “Si, la primera lectura. No conocía el significado de algunos conceptos lo cual me generaba dificultad a la hora de entender el contexto”.

Estudiante 3: “La lectura “desarrollo de la teoría de la disociación electrolítica” presentó dificultades ya que hay algunos términos que no se manejan muy bien o

no se tiene la suficiente claridad sobre los mismos, situación parecida que ocurre con algunas de las actividades experimentales que se plantean dentro del texto”.

Esta respuesta nos deja en evidencia que hay un grado de dificultad en la traducción e interpretación de lo consignado en un texto por diversos motivos como el uso de lenguaje técnico, el léxico, la forma de escribir de la época, los términos que se usaban en la época, etc., que contrasta la actualidad.

Para la pregunta “Al realizar las actividades experimentales, ¿cuál de ellas le fue interesante y por qué?” algunas de las respuestas más destacadas son:

Estudiante 2: *“Todas en general me parecieron interesantes, porque me imaginaba como se disociaban los iones en la solución para que pudiera conducir electricidad”.*

Estudiante 3: *“En general los trabajos prácticos de laboratorios planteados fueron bastante interesantes ya que se pudo entender de una mejor manera los fenómenos que se presentaban y como estos se podían explicar y fundamentar desde la teoría y el conocimiento científico, aun así, la actividad experimental que más me gusto fue cuando se realizó la medida mediante el multímetro de la corriente que se transmitía en medio del electrolito cuando se aumentaba y disminuía la temperatura, así como cuando se alejaban o se acercaban los electrodos entre sí”.*

Estudiante 4: *“La experimentación de cambio de concentración electrolítica ya que por los conocimientos que tenía, aunque erróneos estaba esperando que el flujo de corriente disminuyera, pero al ver el análisis se observa lo contrario y es algo fantástico de detallar que fue algo impensado de mi parte”.*

Estudiante 5: *“El experimento que tuvimos que hacer sobre las diferentes naturalezas de los electrolitos, ya que nos podíamos dar cuenta que dependiendo las sustancias así mismo es la conducción de energía”.*

Según estas respuestas los estudiantes resaltan las actividades experimentales como medio para visualizar los fenómenos y poderlos explicar al contrastarlos con las diversas teorías relacionadas con el fenómeno en cuestión, en este caso, las condiciones en las que se puede encontrar un electrolito en disolución, y las variables que afectan el fenómeno de disociación electrolítica. También, es importante mencionar que las actividades experimentales, generaron, con el análisis de resultados y discusión en torno a la fenomenología, una discusión sobre estos fenómenos en la química. En particular se

resaltaron los factores que pueden afectar un fenómeno de disociación electrolítica y de qué manera lo afecta.

Para la pregunta “¿Qué otras variables creen que puede incidir en los fenómenos de disociación electrolítica?, justifique su respuesta.” algunas de las respuestas más destacadas son:

Estudiante 2: “Aparte de la concentración considero que variables como lo son temperatura y presión pueden llegar a afectar el fenómeno de disociación. La temperatura porque lo asocio con el movimiento de las partículas, en este caso el movimiento de los iones, si tenemos una disolución a muy baja temperatura quizás la disociación no se dé o quizás sea muy lenta. Lo mismo pasa con la presión, si tenemos muy amontonadas las partículas no hay el suficiente espacio para la disociación electrolítica y por ende el fenómeno no se daría. Tiene que existir un equilibrio entre estas variables”.

Estudiante 3: “Algunas otras variables que podrían llegar a influir dentro del fenómeno de la disociación electrolítica es por ejemplo el recipiente donde se encuentre el electrolito así como el material del que este hecho ya que no sería lo mismo un recipiente cuyo material de fabricación sea un conductor de electricidad o no lo sea, otro factor que puede llegar a influir es la pureza de las sustancias que se encuentran presentes en el sistema, además de estos factores otros que podrían llegar a afectar la disociación electrolítica serían los hechos de calcular o no de forma precisa las cantidades a evaluar dentro de un sistema y la naturaleza del disolvente pues aunque en la mayoría de los casos se tiene como referencia el agua no siempre se trabaja con esta sustancia”.

Estudiante 4: “Pensaría que el recipiente donde se encuentra el electrolito ya que este podría dispersar el flujo al ser metálico ya que es buen conductor de energía mientras que un recipiente que se aislé del flujo eléctrico lo mantendría más estable. Sería interesante al cambiar la presión que lo rodea si pudiera influenciar”.

Estudiante 5: “Pues creo que si de alguna manera pudiéramos cambiar o experimentar con diferentes presiones sobre el electrolito y el medio donde se está haciendo el experimento sería un factor que podría incidir en el fenómeno de disociación porque no es lo mismo hacer este experimento aquí en Bogotá que tenemos una temperatura ambiente de 10 grados centígrados y una presión diferentes a santa Marta si lo recreáramos allá con los mismos materiales y las mismas soluciones”.

En estas respuestas los estudiantes resaltan que un factor que puede influir en el fenómeno de disociación electrolítica es el recipiente en el que se esté realizando este fenómeno ya que la composición o el material de cual este hecho este recipiente puede afectar los fenómenos de conducción eléctrica si dicho material es de naturaleza conductora. Así mismo, mencionan que un factor que podría influir sobre el comportamiento de un fenómeno de disociación electrolítica es la presión ya que aluden que *“no es lo mismo hacer este experimento aquí en Bogotá que tenemos una temperatura ambiente de 10 grados Celsius y una presión diferente a Santa Marta si lo recreáramos allá con los mismos materiales y las mismas soluciones”*. Además, señalan otros factores como la pureza del electrolito o de los electrodos como un factor que puede afectar el fenómeno o las lecturas y toma de datos que se puedan realizar en una experiencia relacionada con la disociación electrolítica.

Por último, para la pregunta *“¿Qué elementos del texto histórico le aportan a la comprensión de lo sucedido durante la actividad experimental realizada?”* algunas de las respuestas más destacadas son:

Estudiantes 2: *“Todo me aporto para la comprensión de las actividades. Los experimentos que los diferentes autores mencionan, también la diversidad de teorías al pasar los años me proporciona diferentes puntos de vista que me permiten en un segundo plano imaginar que pasa subatómicamente en la solución”*.

Estudiante 3: *“Algunos de los hechos o situaciones que ayudaron a la comprensión de lo sucedido durante las actividades experimentales fueron los apuntes de hechos históricos que rodeaban un concepto o situación problema de la cual se desprendía alguna ley o precepto ya establecido, otra cosa que facilito la comprensión en general fue el modo del que está escrito el texto”*.

Estudiante 4: *“Al momento de hacer la lectura ninguna, pero al hacer el análisis con el docente de una manera más detallada los acontecimientos de las guías son primordiales y adecuados para comprender lo sucedido, pero esto es gracias al hacer la experimentación para contrarrestarlo”*.

Estudiante 5: *“Pues creería que, si hacemos primero la lectura o primero el experimento, de las dos maneras tendríamos que volver a leer ya que al momento de hacer el experimento podríamos pasar algo por alto que puede incidir en los resultados y demás y que no los tuvimos en cuenta y al leer por primera vez o leyendo nuevamente podremos tener como un mayor entendimiento de los acontecimientos que llevo a los resultados dados”*.

De acuerdo con las respuestas los estudiantes resaltan que los apuntes de hechos históricos permiten seguir un “hilo conductor” en la comprensión de aspectos teóricos o conceptuales de lo sucedido en los fenómenos observados y a su vez representan una guía junto con los experimentos para la lograr una gran comprensión de la fenomenología en torno a la disociación electrolítica y el ión. Además, señalan que los textos históricos junto con el experimento, brindan puntos de vista que contribuye a la comprensión del fenómeno.

Bajo lo mencionado se resalta la importancia del contexto en el cual se llevan a cabo desarrollos de teorías y leyes en el campo de la electroquímica y los diversos filósofos y científicos que aportan en la construcción de dichas teorías, en la comprensión e interpretación de distintos fenómenos que en este campo se dan, y para ello se puede emplear los textos originales de científicos participes en dicho desarrollo, que nos brindan una perspectiva de “primera persona” de cómo se realizó dicha construcción, que experimentos realizaron, que conclusiones u opiniones realizaron de sus resultados y de los resultados de otras experiencias y científicos.

CONCLUSIONES

En relación con los elementos conceptuales y experimentales que se distinguieron y permitieron la construcción del marco teórico referente a la descripción de la fenomenología en torno a la disociación electrolítica, fueron los relacionados, principalmente, con la construcción de las teorías de disoluciones, las teorías atómicas, y los fenómenos de conductividad de diferentes sustancias en solución acuosa. Sin embargo, en los textos originales analizados también se describen otras características de las disoluciones, que pueden afectar otros fenómenos, como la absorción, lo que evidencia que hay variables, aspectos y posturas que no se tomaron en cuenta en la construcción del marco teórico de este trabajo, pero pueden contribuir para ese propósito en la descripción de otras fenomenologías.

Por otro lado, el análisis histórico-crítico realizado para comprender la fenomenología en torno al ión y su papel en la electroquímica se realiza a partir de la lectura de textos de Arrhenius y Faraday principalmente. No obstante, es importante mencionar que hay otros científicos que son referenciados en dichos textos y que contribuyeron al desarrollo de la electroquímica y a la construcción de diferentes teorías en la búsqueda de explicar fenómenos como la disociación electrolítica, lo cual resalta que el conocimiento que se ha desarrollado en las ciencias es posible con la contribución de muchas personas, en diferentes épocas.

Así mismo, como menciona Arrhenius *“Han sido dos caminos diferentes, que han llevado a visiones relacionadas con la teoría moderna de la disociación electrolítica, una empírica y otra teórica”* (Arrhenius 1912, p. 91), lo que nos muestra que el constructo del conocimiento, teorías y leyes que se han elaborado en las ciencias han sido producto de desarrollos empíricos y teóricos de forma conjunta, y así mismo se puede abordar muchos temas desde el aula, analizando y discutiendo los desarrollos empíricos y teóricos en torno a un fenómeno y el contexto histórico en el cual se presentan dichos desarrollos.

En la realización de las actividades experimentales derivadas de análisis histórico-crítico, es importante mencionar en el montaje realizado para esta experiencia, se incluye una batería de 9 voltios con el propósito de tener en el circuito un suministro estable de electricidad y que la variación de voltaje no afectara la intensidad de la corriente eléctrica que pasa por el electrolito. También, en estas actividades experimentales, se pudo hacer la experiencia con una sal “ácida” (bicarbonato de sodio, NaHCO_3), una sal “neutra” (hipoclorito de sodio, NaClO), y una especie ácida (ácido

muriático, HCl), con los cuales se obtuvieron nociones sobre las variaciones de la intensidad de la corriente eléctrica en estas especies, como las que se describen en los textos originales analizados, lo que conllevó a proponer un montaje y materiales similares en el material didáctico desarrollado.

En cuanto al diseño del material didáctico, se usa fragmentos de texto de científicos como Faraday o Hittorf, tratando de que sean entendibles. Sin embargo, algunos de los textos fueron confusos al momento de su traducción lo cual pudo afectar un poco el propósito de la inclusión de estos fragmentos como apoyo en las actividades experimentales. Este fue uno de los propósitos de la prueba piloto del material, en pro de mejorar y buscar alternativas para que el contenido de dicho material sea de utilidad en el aprendizaje de fenómenos como la disociación electrolítica.

No obstante, en la implementación de dicho material y por medio de la socialización de estos con los participantes se logra aclarar dudas que generan con la lectura inicial de las actividades diseñadas y se realizan las primeras discusiones referentes a los aspectos fenomenológicos a abordar en las actividades experimentales. También es importante mencionar que la selección de materiales y la propuesta del montaje a realizar en cada actividad, se realiza teniendo en cuenta que la experiencia se puede realizar con materiales y objetos que se pueden encontrar en casa, lo cual facilitó que los experimentos se pudieran desarrollar por la mayoría de los participantes sin mayores inconvenientes.

RECOMENDACIONES

En el desarrollo del proyecto se presenta una dificultad importante en el momento de traducir e interpretar textos originales de científicos cuyos trabajos se desarrollaron hace mucho tiempo, ya que, la forma de lenguaje, el léxico, la forma de expresar ideas, etc., es diferente a la forma como se realiza actualmente. Por ello es importante no solo traducir un texto, sino que también hay que redactar dicha traducción de forma que sea claro y entendible para las personas que deseen realizar la lectura de dichos textos.

Por otro lado, se resalta como el estudio histórico-crítico y la perspectiva fenomenológica en conjunto puede apoyar los procesos de aprendizaje en el aula, en el caso de este proyecto el aprendizaje de la fenomenología en torno a la disociación electrolítica, el ión y las soluciones, y que también se puede implementar en el estudio de otras fenomenologías en el campo de química.

En este proyecto se abordó el papel de ión en el fenómeno de disociación electrolítica y en el desarrollo de la electroquímica, pero hay otros actores que juegan un papel en fenómenos como el mencionado. Estos actores, por ejemplo, el electrón, pueden ser abordados en torno a su fenomenología, mediante un análisis histórico-crítico, en otro proyecto de investigación.

BIBLIOGRAFÍA

Acevedo Diaz, J. (2004). Reflexiones sobre las finalidades de la enseñanza de las ciencias: educación científica para la ciudadanía. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*. Cádiz, España. p. 3 – 16.

Acosta Poveda, J. (2015). *Los estudios histórico-críticos en la formación de licenciados en física y ciencias naturales: el caso de la estructura de la materia de Roger Boscovich*. Trabajo de grado. Bogotá: Universidad Pedagógica Nacional.

Arrhenius, S. (1903). Development of the theory of electrolytic dissociation. *Proceedings of the Royal Institution*. p. 43 – 58.

Arrhenius, S. (1912). *Theories of solutions*. Yale university press. New Haven.

Ayala, M. Garzón, M. Malagón, J. Sandoval, S. Tarazona, L. (2018). *Una perspectiva fenomenológica para la enseñanza de las ciencias*. Universidad Pedagógica Nacional. Colección CIUP 41 años. Bogotá, Colombia.

Faraday. (1849). *Quinta serie: 11. Acerca de la descomposición electroquímica*. p. 213 – 268.

Goodwin, H. (Recopilador) (1899). *The fundamental laws of electrolytic conduction: memoirs by Faraday, Hittorf and F. Kohlrausch*. Harper & brothers publishers. New york y Londres.

Gonzalez Fager, P. (2016). *Unidad didáctica de electroquímica diseñada para evaluar las competencias básicas-procedimentales e investigativas desde un enfoque socio-formativo*. Trabajo de grado. Bogotá: Universidad Pedagógica Nacional.

Ostwald, W. (1912). L'évolution de l'électrochimie. Fuente gallica.bnf.fr / Bibliothèque nationale de France. Capítulo VI. Páginas 113 a 151.

Raviolo, A. (2008). Las definiciones de conceptos químicos básicos en textos de secundaria. *Educación química*. México D.F. página 315-322.

Rodríguez Cuellar, M. (2019). *Conducción eléctrica en gases y el cuarto estado de la materia. La historia y la experimentación en los procesos de enseñanza-aprendizaje de la Física*. Trabajo de grado. Bogotá: Universidad Pedagógica Nacional.

Typeform (2019) Investigación Cualitativa y Cuantitativa: Guía Básica. Barcelona. 2019 tomado de <https://www.typeform.com/es/encuestas/investigacion-cualitativa-o-cuantitativa/>

ANEXOS

Anexo 1. Actividad introductoria: Mirada al desarrollo histórico de la disociación electrolítica.

Universidad Pedagógica Nacional
Facultad de ciencia y tecnología
Licenciatura en Química
Trabajo de grado



ACTIVIDAD 1

Nombre: _____ Código: _____

Mirada al desarrollo histórico de la disociación electrolítica

En una mirada histórico-crítica hacia la fenomenología en torno al ión y las disoluciones en el desarrollo de la electroquímica, es relevante realizar una mirada al desarrollo epistemológico del concepto, tanto de disolución, como de ión. Con este propósito se propone la siguiente actividad

- Realice la lectura de texto traducido de Svante Arrhenius: “Desarrollo de la teoría de la disociación electrolítica”.
- Teniendo en cuenta la lectura anterior, elabore una línea de tiempo donde resalte los avances, postulados y personajes que contribuyeron al desarrollo epistemológico de solución, ión y disociación electrolítica. Si lo desea puede acudir a otras referencias bibliográficas (debidamente referenciados) para complementar su línea de tiempo.
- Realice un análisis detallado de la lectura de Svante Arrhenius, realizando los comentarios y preguntas que considere de acuerdo a las ideas más relevantes que encuentre.

Anexo 2. Traducción conferencia Nobel “Desarrollo de la teoría de la disociación electrolítica” de Svante Arrhenius

Svante Arrhenius

DESARROLLO DE LA TEORÍA DE LA DISOCIACIÓN ELECTROLÍTICA

Conferencia Nobel, 11 de diciembre de 1903

A primera vista, nada parece más obvio que todo tiene un principio y un final, y que todo se puede subdividir en partes más pequeñas. Sin embargo, por razones completamente especulativas, los filósofos de la Antigüedad, especialmente los estoicos, concluyeron que este concepto era completamente innecesario. El prodigioso desarrollo de la física ha llegado ahora a la misma conclusión que aquellos filósofos, Empédocles y Demócrito en particular, que vivieron alrededor del 500 a. C. y por quien hasta el anciano tenía una viva admiración

Empédocles enseñó que la materia no puede originarse de la nada y que la materia no puede ser destruida. Todos los acontecimientos del mundo se basan en un cambio de forma o en la combinación o división de sustancias. Fuego, aire, agua y tierra son los cuatro elementos de los que se compone todo. Un ciclo continuo es la característica principal de la naturaleza.

Las teorías de Demócrito coinciden aún más estrechamente con nuestros puntos de vista modernos. Sostuvo que las sustancias están compuestas de partículas infinitamente pequeñas e inseparables, a las que llamó átomos. Estos varían en forma y tamaño y producen diferentes productos según las diferentes formas en que se combinan.

Esta teoría de los átomos fue resucitada por Gassendi alrededor de 1650 y posteriormente adoptada por Boyle y Newton. Alcanzó su gran importancia actual debido al descubrimiento de Dalton de la ley de las proporciones múltiples. Por ejemplo, los diversos compuestos de nitrógeno y oxígeno contienen 0,57, 1,14, 1,72, 2,29 o 2,86 partes en peso de oxígeno por parte en peso de nitrógeno. No existen formas de transición entre estos compuestos. Para explicar este fenómeno asumimos, al igual que Dalton, que la molécula de los diversos compuestos de nitrógeno y oxígeno contiene dos átomos de nitrógeno y 1, 2, 3, 4 o 5 átomos de oxígeno. Esto es específico de la química en contraste con la física, donde generalmente se aplica la transición continua más simple de un estado a otro. Esta diferencia entre las dos ciencias hermanas ha dado lugar con frecuencia a diferencias de opinión en la química - física. Estos cambios discontinuos y proporciones múltiples, que también ocurren en física, han sido asumidos en muchos casos que, en una examinación más cercana, desaprueba esta suposición.

La ley de las proporciones múltiples es uno de los fundamentos sobre los cuales la química moderna es construida. Otra es la ley de Avogadro, que establece que volúmenes iguales de diferentes gases a la misma temperatura y presión contienen el mismo número de moléculas. Esta teoría, que data de principios del siglo XIX, se encontró por primera vez con una fuerte oposición y fue de gran valor para explicar los nuevos descubrimientos dentro del campo en rápida expansión de la química orgánica lo que resultó en su adopción universal a mediados del siglo pasado, después que Cannizzaro había actuado enérgicamente a su favor.

Mientras tanto, había que superar ciertos problemas antes de que se pudiera aceptar la ley de Avogadro. Se encontró, por ejemplo, que el volumen molecular del cloruro de amonio, NH_4Cl , en estado gaseoso es mayor de lo que se supondría en base a su composición química. Esto llevó a la suposición de que las moléculas de NH_4Cl en forma gaseosa se descomponen parcialmente en amoníaco, NH_3 y ácido clorhídrico, HCl . Von Pebal y Von Than pudieron demostrar que, de hecho, esto ocurre. Utilizaron un aparato que se muestra en la Fig. 1. Se colocaron dos tubos uno dentro del otro por medio de un corcho. El tubo exterior se selló en su extremo abierto; el tubo interior estaba abierto y contenido en C, encima de un tabique de amianto, un trozo de NH_4Cl . La parte superior se calentó en un baño de aire para que la pieza de NH_4Cl se volatilizara lentamente. Al mismo tiempo, se admitió una corriente de hidrógeno a través de los dos tubos de vidrio D y E. El amoníaco se difunde a través de las paredes porosas a una velocidad más rápida que el ácido clorhídrico. Si el gas NH_4Cl se descompone parcialmente de esta manera para formar amoníaco y ácido clorhídrico, es razonable esperar que haya un exceso de este último por encima de la partición de asbesto poroso y un exceso de amoníaco por debajo de ella. Von Pebal demostró que esto es así. La corriente de hidrógeno de D dio una reacción ácida con papel tornasol en A, y la corriente de E dio una reacción alcalina, igualmente en papel tornasol, en B. Luego se objetó que la ruptura podría ser causada por la partición de asbesto o por el hidrógeno. Por lo tanto, Von Than hizo una partición de NH_4Cl y reemplazó el hidrógeno por nitrógeno, pero con el mismo resultado.

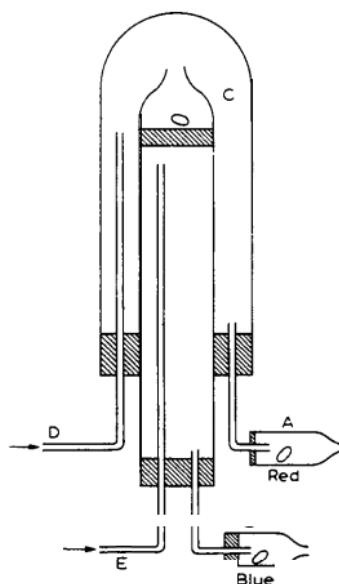


Fig.1.

Estos experimentos se realizaron en 1862 y 1864. Se basaron en la teoría de la disociación que había sido elaborada en 1857 por Sainte-Claire-Deville y elaborada por sus alumnos. Desde tiempos inmemoriales se ha hecho uso del hecho de que a altas temperaturas la piedra caliza desprende dióxido de carbono para formar cal viva. Este y otros procesos similares fueron estudiados por Sainte-Claire-Deville. Encontró que la misma ley se aplica a la presión del dióxido de carbono sobre la piedra caliza que a la presión del vapor de agua sobre el agua que se evapora a diferentes temperaturas. Estos estudios fundamentales son básicos para la teoría de la disociación, que desde entonces ha desempeñado un papel cada vez más importante en la química y, por así decirlo, ha creado un amplio puente entre las ciencias físicas y químicas.

Casi al mismo tiempo, encontramos en el trabajo de Clausius sobre la conductividad eléctrica de las soluciones salinas los primeros indicios de una idea de que las sales y otros electrolitos son capaces de disociarse parcialmente cuando se disuelven en agua. Buff había descubierto que incluso la menor fuerza eléctrica es suficiente para impulsar una corriente a través de una solución salina. Según la concepción de Grotthus, que en ese momento era generalmente aceptada, la corriente eléctrica pasa a través de una solución de tal manera que las moléculas conductoras, p. Ej. de cloruro de potasio (KCl), se separan en sus iones, que se recombinan de la siguiente manera. En primer lugar, cuando entra la corriente, el polo A se vuelve positivo y el polo B negativo. Todas las moléculas conductoras de KCl se ordenan con sus iones K positivos girados hacia el polo negativo B y sus iones Cl negativos hacia el polo positivo A. A continuación, se libera un ión cloro en A y un ión potasio en B, y los otros iones se combinan nuevamente, el ión K en la primera molécula captura el ión Cl en la segunda molécula, y así sucesivamente (Fig. 2). Las moléculas luego giran bajo la influencia de la fuerza eléctrica para darnos la

etapa 3 y la división puede tener lugar nuevamente. Ésa es la opinión de Grotthus; presupone la división y recombinación continuas de las moléculas de sal.

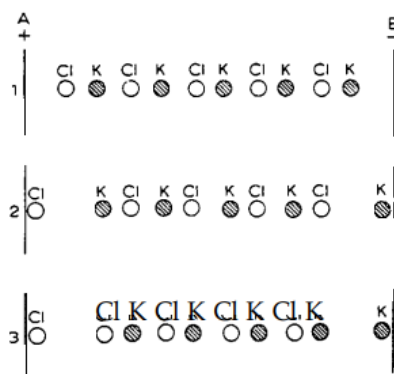


Fig.2.

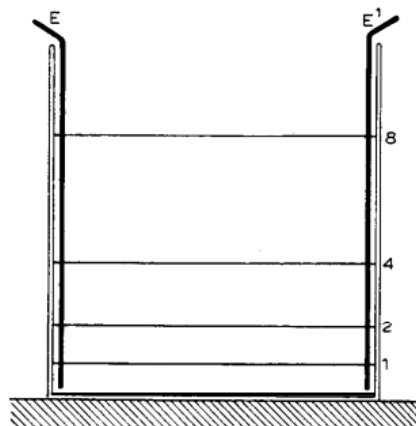


Fig.3.

Dado que estos intercambios de iones entre las moléculas tienen lugar bajo la influencia de la menor fuerza eléctrica, Clausius concluyó que deben ocurrir también cuando no hay ninguna fuerza eléctrica actuando, en otras palabras, independientemente de si la corriente pasa a través del líquido. En apoyo de esta hipótesis, señaló que, de hecho, ya en 1852, Williamson, en su teoría histórica de la formación de ésteres, asumió un intercambio similar de constituyentes entre las moléculas. Clausius sostenía que durante el intercambio de iones a veces, aunque muy raramente, ocurría que un ión permaneciera libre en la solución durante un corto período de tiempo. Al menos, tal suposición es bastante consistente con la teoría mecánica del calor desarrollada en ese momento por Krönig, Maxwell, Clausius y otros.

Mientras tanto, Bouty y, en particular, Kohlrausch idearon métodos para determinar la conductividad eléctrica de las soluciones salinas. En 1884 di un trabajo sobre este tema. Descubrí que, si se diluye una solución de, digamos, sulfato de zinc, su conductividad por molécula, o lo que se denomina su conductancia molal, no aumenta infinitamente sino sólo hasta cierto límite. Podemos visualizar un experimento realizado de la siguiente manera (Fig. 3). En un recipiente de paredes paralelas se insertan muy cerca de dos lados opuestos dos placas de zinc amalgamadas, E y E'. Se introduce una capa de solución de sulfato de zinc que se extiende desde el fondo horizontal del recipiente hasta la línea 1. Se supone ahora que la conductividad es k_1 . Una vez que se ha medido, se agrega suficiente agua para que después de que se haya agitado la solución el nivel llegue a 2, que está tan por encima de 1 como a 1 desde el fondo. Entonces se encuentra que la conductividad ha aumentado y tiene un valor k_2 . Cuando el volumen se duplica de la misma forma mediante la adición de agua pura, se alcanza el nivel 4 y la conductividad es mayor que en el caso anterior, digamos k_4 . Podemos continuar de esta manera y la

conductividad aumenta, pero finalmente a un ritmo menor que al principio. Se alcanza así un valor final de k_{∞} . Esto se ilustra mejor en el siguiente diagrama que muestra las determinaciones más recientes de Kohlrausch (Figuras 4 y 5). Aquí las diluciones son las abscisas y se dan en equivalentes de gramos por litro. La conductancia molal a 18° C es la ordenada y se expresa en milésimas de unidades (ohmios).

Explicué estos resultados experimentales de la siguiente manera. La conductancia se rige por la velocidad a la que los iones (Zn y SO₄) de las moléculas (ZnSO₄) son transportados a través del líquido por la fuerza eléctrica, es decir, la diferencia de potencial entre E y E'. Si se supone que esta diferencia de potencial es constante, la velocidad está determinada únicamente por la fricción que los iones durante su paso a través del líquido establecen sobre las moléculas circundantes. Dado que en diluciones fuertes se trata casi exclusivamente de moléculas de agua, hay motivos para suponer que la conductancia molal permanecerá constante e independiente de la dilución, asumiendo, por supuesto, que todas las moléculas de ZnSO₄ participan en la conducción de la electricidad. Como el experimento ahora muestra que la conductancia molal aumenta con la dilución a un valor muy alto (1000 moléculas de agua o más por cada molécula de ZnSO₄) llegamos a la hipótesis de que no todas las moléculas de ZnSO₄, sino solo algunas, participan en la conducción de la electricidad. Esta participación crece con la dilución en la misma proporción que la conductancia molal k. Con una dilución en continuo aumento, la conductancia molal se aproxima cada vez más al valor límite k_{∞} , que es el punto en el que todas las moléculas conducen la electricidad. La parte conductora de las moléculas se denomina parte activa. Claramente se puede calcular como el cociente de k: k_{∞} .

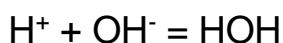
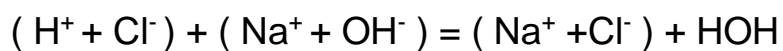
Si este concepto solo hubiera sido aplicable para explicar el fenómeno de la conductividad eléctrica, su valor no habría sido particularmente grande. Una examinación de los valores numéricos aducidos por Kohlrausch y otros para la conductividad eléctrica de ácidos y bases en comparación con las mediciones de Berthelot y Thomson de sus fuerzas relativas en términos de su efecto químico me mostró que los ácidos y bases con la mayor conductividad son también los más fuertes. Por lo tanto, se me llevó a la suposición de que las moléculas eléctricamente activas también son químicamente activas y que, a la inversa, las moléculas eléctricamente inactivas también son químicamente inactivas, al menos en términos relativos. A este respecto, me gustaría mencionar el notable experimento de Gore que puede explicarse fácilmente con el nuevo concepto. El ácido clorhídrico concentrado, que está exento de agua, no tiene ningún efecto sobre los óxidos ni los carbonatos. Sucede que el ácido clorhídrico en esta forma es casi incapaz de conducir corriente eléctrica mientras que sus soluciones acuosas tienen muy buena conductividad. El ácido clorhídrico puro, por tanto, no contiene moléculas activas, o contiene muy pocas, y esto concuerda muy estrechamente con el experimento de Gore. De la misma forma podemos explicar el hecho de que el ácido sulfúrico concentrado

puede almacenarse en un recipiente de chapa de hierro sin dañar este último, aunque esto es imposible con el ácido diluido.

Se puede sacar una conclusión inesperada de este concepto. Debido a que todos los electrolitos en un estado extremadamente diluido son completamente activos, los ácidos débiles deben aumentar en fuerza cuando se diluyen y aproximarse a la de los ácidos más fuertes. Poco tiempo después, esto demostró estar de acuerdo con los experimentos llevados a cabo por Ostwald.

Los investigadores noruegos Guldberg y Waage habían desarrollado una teoría según la cual la fuerza de diferentes ácidos podía medirse por su capacidad de desplazar, en soluciones, otro ácido, así como por su capacidad de incrementar la velocidad de ciertas reacciones químicas. De acuerdo con esto, podemos suponer que la velocidad de una reacción producida por un ácido es proporcional al número de moléculas activas en él. Solo tenía unos pocos experimentos de Berthelot para demostrar esta ley, pero en 1884 Ostwald publicó una gran cantidad de observaciones que demostraron que esta conclusión era correcta.

La conclusión de mayor alcance de la concepción de moléculas activas fue la explicación del calor de neutralización. Como es mucho más sencillo comprender esto mediante la teoría de la disociación electrolítica, lo anticiparé para este caso. De acuerdo con esta teoría, los ácidos y bases fuertes, así como las sales, están en dilución extrema casi completamente disociados en sus iones, por ejemplo, HCl en H^+ y Cl^- , NaOH en Na^+ y OH^- , y NaCl en Na^+ y Cl^- . Por otro lado, el agua apenas se disocia en absoluto. La reacción de neutralización de un ácido fuerte con una base fuerte. Por tanto, el HCl con NaOH, ambos muy diluidos, se puede expresar mediante la siguiente ecuación:



Esta ecuación es equivalente a la formación de agua a partir de sus dos iones, H^+ y OH^- , y es evidentemente independiente de la naturaleza del ácido fuerte y la base fuerte. Por tanto, el desarrollo de calor en cualquier reacción de este tipo debe ser siempre el mismo para cantidades equivalentes de ácidos y bases fuertes. De hecho, se ha comprobado que en todos los casos se trata de 13.600 calorías (a $18^\circ C$). Esta constancia del calor de neutralización es el fenómeno más imperativo que se ha descubierto en termoquímica.

Ahora surgió la pregunta en qué se diferencia el estado activo de los electrolitos del estado inactivo. Di una respuesta a esta pregunta en 1887. En ese momento, Van't Hoff había formulado su ley de largo alcance de que las moléculas en soluciones muy diluidas obedecen las leyes que se aplican al estado gaseoso si la presión del gas en los líquidos se reemplaza simplemente por la presión osmótica. Como demostró Van't Hoff, la presión osmótica de un soluto se puede determinar mucho más fácilmente midiendo el punto de

congelación de su solución que directamente. Sin embargo, tanto las mediciones directas realizadas por De Vries como los puntos de congelación de las soluciones electrolíticas mostraron una presión osmótica mucho más alta de lo que se hubiera esperado de la fórmula química. Por ejemplo, mientras que la solución de una molécula de gramo (mol) de alcohol etílico, $C_2H_5OH=46$ gramos, en un litro de agua da un punto de congelación de $-1,85^\circ C$, según los cálculos de Van't Hoff, una solución de un mol de cloruro de sodio, $NaCl=58,5$ gramos en un litro de agua dan un punto de congelación de $-3,26^\circ C=1,75 \times 1,85^\circ C$. Esta característica podría explicarse de la misma manera que la densidad "anormal" del cloruro de amonio gaseoso, es decir, suponiendo una disociación parcial - hasta el 75% - de las moléculas de cloruro de sodio. En este supuesto, por lo tanto, la solución contiene 0,25 moles de $NaCl$, 0,75 moles de Cl y 0,75 moles de Na , un total de 1,75 moles, y tiene un efecto correspondiente con respecto a la depresión del punto de congelación. Hemos visto de qué manera podemos calcular a partir de la conductividad eléctrica el número de moléculas activas en la misma solución de cloruro de sodio, y de las medidas de Kohlrausch encontramos exactamente el mismo número, es decir, 0,75. Esto refuerza la idea de que las moléculas activas de la sal $NaCl$ se han dividido en los iones Na^+ y Cl^- . Estos son absolutamente gratuitos y aparecen en las soluciones exactamente como otras moléculas. De la misma manera, calculé por ambos métodos el grado de disociación en todos los electrolitos que se había determinado en ese momento (había unos 80 de ellos) y encontré que había una muy buena concordancia entre los dos métodos diferentes de determinación. En algunos casos el acuerdo no fue tan bueno y por eso realicé nuevos análisis de estos órganos y algunos otros. Los nuevos análisis estaban todos completamente de acuerdo con los supuestos teóricos.

La figura 6 muestra los puntos de congelación de algunas soluciones de sales y no conductores. La abscisa del diagrama muestra la concentración de los cuerpos en las soluciones, mientras que la ordenada muestra la depresión molecular del punto de congelación dividida por 1,85. La figura nos muestra que todas las curvas de los no conductores - en este caso azúcar de caña, alcohol propílico y fenol convergen hacia la unidad con concentración decreciente como cabría esperar, ya que no se produce disociación. Con concentraciones más altas se producen variaciones de la ley simple. Como ejemplos de electrolitos que constan de dos iones, se han seleccionado $LiOH$, $NaCl$ y $LiCl$; todas sus curvas convergen hacia el valor 2. Como electrolitos que constan de tres iones se han seleccionado K_2SO_4 , Na_2SO_4 , $MgCl_2$ y $SrCl_2$; todas estas curvas convergen en el valor 3 para una gran dilución.

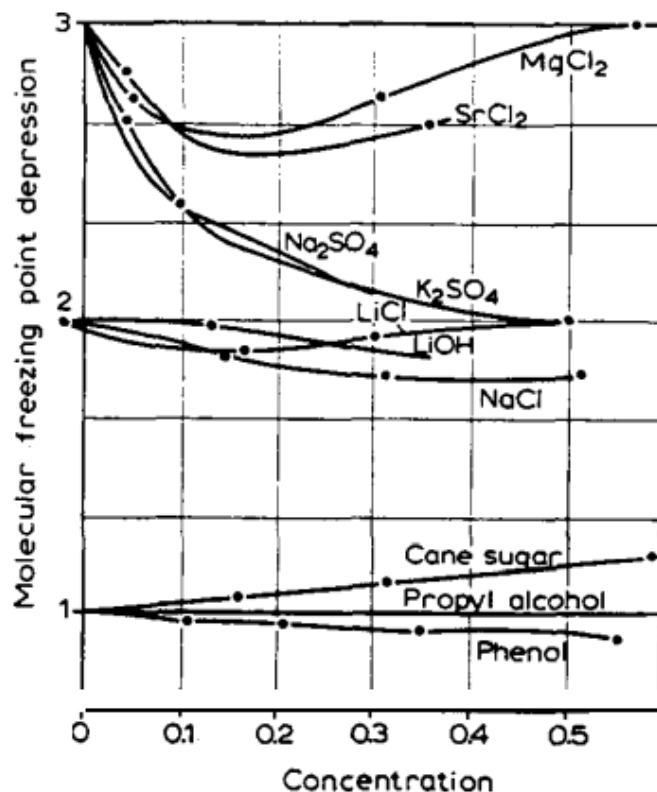


Fig. 6.

Como había aceptado esta explicación, que a los químicos les parecía más aventurera, tuve que investigar si concordaría química y físicamente con la experiencia obtenida. El punto más general y de mayor alcance de todo esto es que las propiedades de una solución electrolítica altamente diluida están compuestas por los diferentes iones que componen el electrolito. Ya se sabía que este era el caso en muchos casos, y Valson había elaborado para este propósito tablas de sus llamados módulos. Al comparar un valor de módulo, para el ión negativo, con el otro, para el ión positivo, podemos calcular las propiedades de cada uno de los electrolitos que consisten en los iones de la tabla. De esta forma podemos tratar el peso específico (Valson), la conductividad molecular (Kohlrausch), la fricción interna (Arrhenius), la atracción capilar (Valson), la compresibilidad (Röntgen y Schneider), el exponente de refracción (Gladstone), la rotación de polarización natural (Oudemans), la rotación de polarización magnética (Perkin y Jahn), el magnetismo (Wiedemann) y todas las demás propiedades de los electrolitos que hasta ahora se han estudiado adecuadamente.

Las más importantes de estas propiedades son las que utilizamos en el análisis químico. Como es bien sabido, en general es cierto que los cloruros producen un depósito blanco (cloruro de plata) con sales de plata. Se solía decir, por tanto, que las sales de plata eran

reactivos del cloro. Ahora decimos que los iones de plata son reactivos para los iones de cloro. Esta expresión es mejor que la anterior, ya que de hecho algunas sales de plata, p. Ej. cianuro de plata y potasio y muchos otros compuestos de plata que no contienen iones de plata, por un lado, y todos los compuestos de cloro, p. ej. el clorato de potasio y muchos cloruros orgánicos que no contienen iones de cloro, por otro lado, no dan esta reacción característica. El experimento solo tiene éxito con los compuestos de plata y cloro que se dividen en un grado notable en iones de plata y cloro. Ostwald ha abordado ampliamente esta cuestión y de esta manera ha producido una presentación racional de los fenómenos generales de la química analítica. A esta esfera pertenece también el efecto venenoso de ciertas sales, que puede considerarse como una reacción fisiológico-química separada de los compuestos químicos. A este respecto, están las valiosas investigaciones de Krönig y Paul, Clarke y otros.

Una propiedad de naturaleza física, pero muy utilizada por el químico analítico, es el color en las soluciones. Esto ha sido investigado a fondo por Ostwald. Primero veamos cómo un compuesto químico, p. Ej. fluoresceína, $C_{20}H_{12}O_5$, se comporta si sus átomos de hidrógeno son reemplazados por otros átomos, p. por metales, yodo, bromo o por grupos de átomos (NO₂). Las curvas de la siguiente figura, Fig. 7, representan las bandas de absorción en los espectros de los compuestos respectivos. Si H₂ se reemplaza en la propia fluoresceína por K₂, el espectro de absorción cambia mucho.

Esto se debe a la propiedad de la fluoresceína de disociarse en un grado muy leve. (El ácido permangánico se comporta de manera muy diferente, como veremos pronto). En lugar de una sola banda de absorción en el campo azul del espectro de fluoresceína, encontramos dos bandas de absorción en las regiones azul-verde y verde en el espectro de sus sales, que se comportan como sal de potasio en el sentido de que todas están disociadas en iones metálicos. e iones fluoresceína, entre los que solo los últimos son ópticamente activos.

También se puede hacer una observación similar en el caso de la tetrayodo-fluoresceína y su sal de potasio. En general, las figuras muestran que el espectro sufre un cambio instantáneo cuando incluso el más mínimo cambio químico tiene lugar en la molécula.

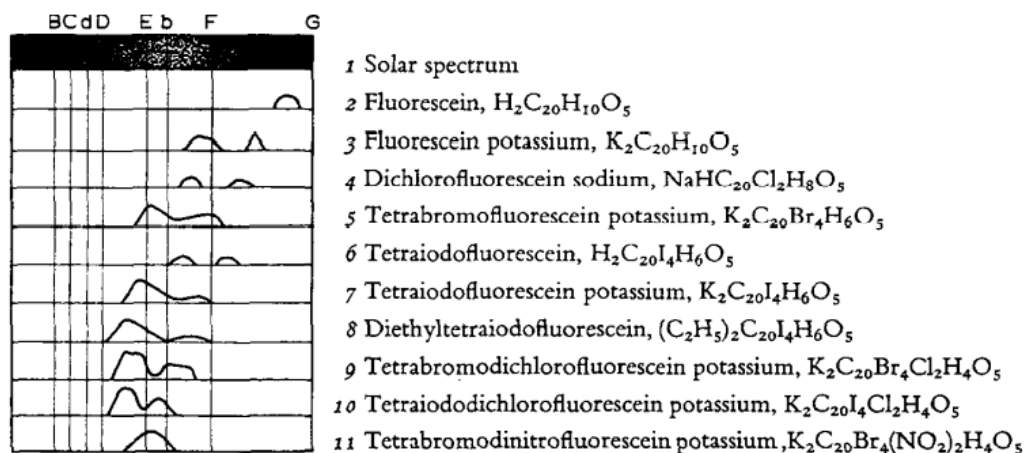


Fig.7. Fluorescein derivatives.

Así, sobre la base de las teorías existentes, deberíamos esperar que el intercambio de hidrógeno con un metal en el ácido permangánico o de un residuo ácido con otro en las sales de pararosanilina cambiará por completo la naturaleza del espectro de absorción. Como ha demostrado Ostwald, este no es el caso. El espectro permanece sin cambios, como se verá en las Figs. 8 y 9. Los espectros están representados por la misma sustancia, es decir, en un caso por un ión ácido permangánico y en el otro por un ión pararosanilina. Sin embargo, en el caso del ión pararosanilina, se verá que la absorción es claramente menos pronunciada que en el caso del ión ácido permangánico. Su fondo se ha debilitado en la denominada hidrólisis de las sales de ácidos débiles, p. Ej. Ácidos acético y benzoico. Las investigaciones de Ostwald sobre los iones "coloreados" dan un ejemplo particularmente sorprendente de la aplicabilidad de las ideas que subyacen a la teoría de la disociación electrolítica.

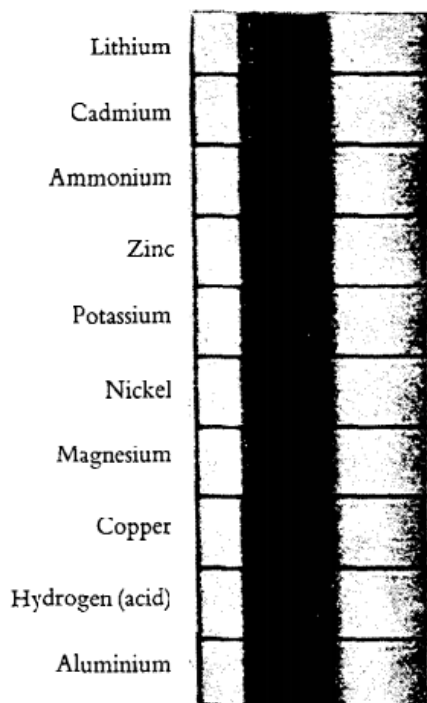


Fig. 8. Permanganates.

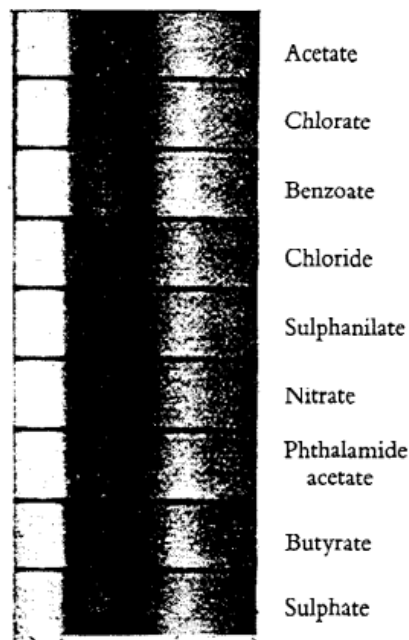


Fig. 9. Pararosanine salt.

Se ha señalado en relación con esta teoría que debería ser posible según ella separar por difusión ambos iones, por ejemplo, los iones cloro y sodio en soluciones de cloruro de sodio. De hecho, el ión de cloro se difunde aproximadamente 1,4 veces más rápido que el ión de sodio. Pero los iones se llevan consigo sus cargas eléctricas. Por lo tanto, si vertimos una solución de cloruro de sodio en un recipiente y lo cubrimos cuidadosamente con una capa de agua pura, inmediatamente un pequeño exceso de cloro ingresará al agua. Por lo tanto, el agua se carga negativamente y la solución debajo de ella se carga positivamente, de modo que los iones de sodio positivos son expulsados de la solución bajo una fuerza mayor que los iones de cloro negativos. Tan pronto como las primeras fuerzas se vuelven 1,4 veces más grandes que las últimas, la velocidad de los iones de cloro se vuelve la misma que la de los iones de sodio. No es difícil deducir que esto ocurre tan pronto como el contenido de iones de cloro en el agua excede la cantidad correspondiente de iones de sodio en aproximadamente una mil millonésima parte de miligramo. Sería inútil intentar determinar esta cantidad extremadamente pequeña por métodos químicos; por otro lado, se puede determinar fácilmente eléctricamente, como ha demostrado Nernst en experimentos para sus elementos de concentración. Por tanto, esta objeción sólo es válida en el caso de hipótesis relativas a una disociación general de las sales y no a la disociación en iones, que se cargan con electricidad de acuerdo con la ley de Faraday. Esta objeción probablemente ha sido un obstáculo para una suposición anterior sobre el estado de disociación de los electrolitos, que numerosos investigadores, p. Ej. Valson y Bartoli se han inclinado a apoyar.

Las leyes de los gases, que se aplican a las soluciones diluidas, han permitido en un gran número de casos calcular los grados de disociación. El primer investigador en utilizar este principio fue Ostwald, quien demostró que los equilibrios de disociación entre los iones y las partes no disociadas de un ácido débil obedecen más o menos a las leyes que se aplican a los gases. Desde entonces, Bredig ha demostrado que la misma relación se encuentra en el caso de bases débiles. Pero los electrolitos altamente disociados, en particular las sales, muestran desviaciones de las soluciones diluidas (por encima de 0,05 de lo normal) que aún no se han explicado completamente. El profesor Jahn en Berlín está estudiando actualmente esta interesante cuestión.

He estudiado el equilibrio entre un gran número de electrolitos y se ha encontrado que concuerda bien con los valores obtenidos sobre la base de la teoría de la disociación. Este campo de investigación cubre los problemas relacionados con el debilitamiento de los ácidos por la adición de una de sus sales, y la llamada avidéz de los ácidos, es decir, la relación en la que dos ácidos competidores dividen una base. Los resultados de los cálculos confirman en gran medida los hallazgos experimentales de Ostwald y Thomson en este campo. Van't Hoff y Nernst han propuesto teorías sobre las relaciones de equilibrio heterogéneas entre electrolitos, quienes de esta manera han arrojado luz sobre el método general utilizado para precipitar sales en química analítica.

También es posible con la ayuda de las leyes de los gases determinar la evolución de calor que tiene lugar durante la disociación de un ácido o base débil, y de esta forma he podido calcular en general la evolución de calor que tiene lugar cuando los ácidos son neutralizados por bases. De manera similar, Fanjung calculó los cambios de volumen que tienen lugar al disociarse un ácido o base débil y al neutralizar estas sustancias. Todos estos cálculos han dado valores que concuerdan estrechamente con los observados en la realidad.

El agua, que puede considerarse un ácido o una base débil, juega un papel importante. Mediante su disociación electrolítica provoca la hidrólisis de las sales de ácidos y bases débiles. Ha sido posible, mediante la observación de la extensión de la hidrólisis, calcular la extensión de la disociación electrolítica del agua, y cuando esto fue determinado poco después por Kohlrausch y Heydweiller por medio de mediciones eléctricas, se encontró que había total acuerdo con los cálculos anteriores. Estas preguntas son de suma importancia para la química fisiológica, como lo demuestran los resultados obtenidos en las investigaciones de Sjöqvist y otros. También al estudiar los fenómenos volcánicos, la competencia entre el agua y el ácido silícico a diferentes temperaturas ha resultado útil.

Los fenómenos de catálisis, en los que los ácidos o las bases juegan un papel principal, han sido estudiados por muchos investigadores, y se ha encontrado que la acción catalítica depende de la gran cantidad de iones de hidrógeno o hidroxilo libres presentes en las soluciones.

En este estudio, que no pretende ser exhaustivo, también deben mencionarse las exhaustivas investigaciones de Van 't Hoff, Ostwald y, en particular, Nernst sobre la fuerza electromotriz de los iones. Estas investigaciones han arrojado nueva luz sobre el viejo problema de la forma en que se producen las fuerzas eléctricas en combinaciones hidroeléctricas.

Ahora he descrito cómo se han desarrollado las teorías de la disociación eléctrica a partir de nuestras viejas ideas sobre átomos y moléculas. A veces escuchamos la objeción planteada de que este punto de vista tal vez no sea correcto, sino solo una hipótesis de trabajo útil y sustitutiva.

De hecho, esta objeción no es una objeción en absoluto, porque nunca podemos estar seguros de haber encontrado la verdad última. Las teorías de moléculas y átomos a veces son atacadas por motivos filosóficos. Hasta que aparezca una teoría mejor y más satisfactoria, los químicos pueden seguir utilizando la teoría atómica con total confianza. La posición es exactamente la misma en lo que respecta a la disociación electrolítica.

Esta teoría también nos ha demostrado que los átomos o grupos de átomos cargados de electricidad juegan un papel muy importante en el mundo de la química. La tendencia general en la investigación científica parece otorgar cada vez más importancia a la electricidad, el factor más poderoso de la naturaleza, y los avances en esta dirección están avanzando ahora muy rápidamente. Ya hemos visto no solo cómo se desarrolló la teoría electrónica de JJ Thomson, en la que la materia se reduce a una parte muy insignificante, sino también los exitosos esfuerzos que se han hecho para explicar la materia como una simple manifestación de fuerzas electrodinámicas (JJ Thomson, Kaufmann y Abraham).

Anexo 3. Actividad experimental: Distancia entre electrodos

Universidad Pedagógica Nacional
Facultad de ciencia y tecnología
Licenciatura en Química
Trabajo de grado



ACTIVIDAD EXPERIMENTAL

DISTANCIA ENTRE ELECTRODOS

Uno de los factores que puede incidir en la intensidad de la corriente eléctrica y la descomposición electroquímica del conjunto electrolito-electrodos.

Para la actividad experimental se propone disponer de un solo electrolito y electrodos de un mismo material, donde los electrodos se disponen a diferentes distancias de separación uno del otro. En este aspecto, se abordan aspectos experimentales del estudio de Faraday (1849) la influencia de la distancia entre electrodos.

“Con la batería voltaica el caso es muy diferente y el flujo de corriente que ella suministra sufre disminución en cualquier sustancia debido a un considerable aumento de su longitud [...].

Me empeñé en aplicar esa facilidad de transmisión de la corriente de electricidad a través de cualquier longitud de conductor, a la investigación de la transferencia de elementos en un cuerpo en descomposición, en sentido contrario hacia los polos. [...] un experimento particular en el cual, cuando un trozo de papel tornasol y uno de papel de cúrcuma se combinan y se humedecían en sulfato de soda, donde la punta del alambre de la maquina (que representa el polo positivo) se colocaba sobre el papel tornasol y la punta receptora del tren de descarga (que representa el polo negativo), sobre el papel de cúrcuma [...].

Los trozos de papel tornasol y de cúrcuma se colocaron ahora sobre un vidrio plano separado y se conectaron con un hilo aislado de cuatro pies de largo humedecido en la misma solución de sulfato de soda; las puntas terminales de los alambres de descomposición se colocaron sobre los papeles como antes”

(Faraday, 1849, página 214-215)

En este fragmento de texto, Faraday hace referencia a una “máquina” y sus puntas terminales, la cual, sería un aparato similar a un generador de voltaje o una fuente de poder.

CONSIDEREMOS:

¿De qué manera afecta la distancia entre los electrodos, a la intensidad corriente eléctrica?

¿Cómo se puede explicar este fenómeno desde los fundamentos teóricos actuales?

¿Qué papel desempeña el papel tornasol y el papel de cúrcuma en los experimentos descritos por Faraday anteriormente?

¿Qué papel desempeña el hilo aislado en los experimentos descritos anteriormente por Faraday?

¿Cómo representaría gráficamente el montaje del experimento anteriormente descrito por Faraday?

Experimento

Para establecer la relación entre la distancia entre electrodos, el cambio de las sustancias y la intensidad de corriente, se usan un par de electrodos del mismo tipo (carbono, hierro, cobre, zinc, etc.) y del mismo grosor que se sumergen en la solución de electrolito (se recomienda bicarbonato de sodio, vinagre, hipoclorito de sodio (decol)), cuya concentración dependerá de la naturaleza de electrolito (*ya que, por ejemplo, la concentración en la que encontramos, comercialmente, el vinagre es diferente a la concentración del hipoclorito de sodio*). Cada uno de los electrodos se conecta por medio de cable terminal caimán-caimán, de tal manera que uno de los electrodos se conecta a una fuente o pila de 9 voltios y el otro electrodo se conecta al multímetro. Posteriormente, la otra terminal del multímetro se conecta a la fuente o pila de 9 voltios, completando así el circuito.

Se puede usar marcas o un “metro” para establecer las distancias en la que van a estar dispuestos los electrodos. Las distancias en la que se pueden separar los electrodos dependerán del espacio disponible en el recipiente que contiene el electrolito.

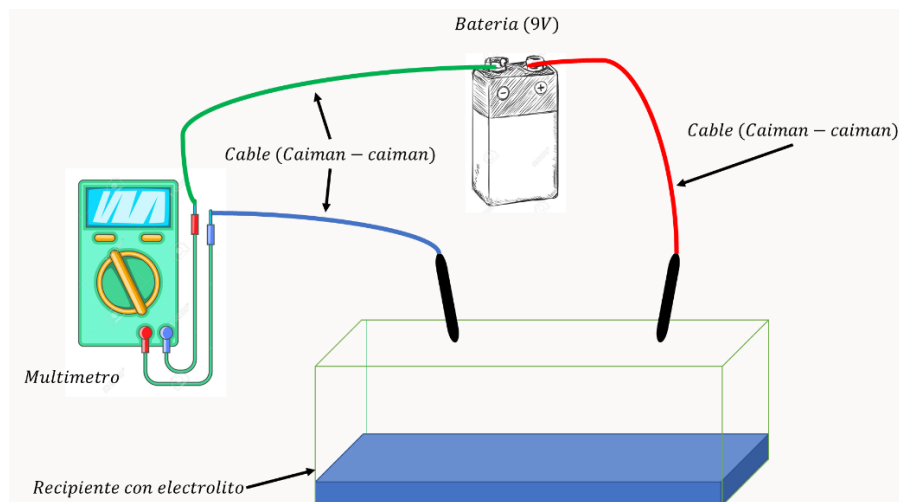


Ilustración del montaje para el experimento. Autoría propia.

Bibliografía

Faraday. (1849). Quinta serie: 11. Acerca de la descomposición electroquímica. Página 213 - 268

Anexo 4. Actividad experimental: Efecto temperatura y la conductividad eléctrica.

Universidad Pedagógica Nacional
Facultad de ciencia y tecnología
Licenciatura en Química
Trabajo de grado



ACTIVIDAD EXPERIMENTAL

EFFECTO TEMPERATURA Y LA CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA

La temperatura en la que puede estar un medio electrolítico puede afectar, bajo principios termodinámicos, la energía de activación de una reacción o semirreacciones que se dan en un proceso de descomposición electroquímica y, por consiguiente, afectar factores como la intensidad eléctrica, el cambio de químico y físico de las sustancias involucradas, la cantidad de energía generada en la reacción y demás factores asociados.

Para la actividad experimental se propone disponer de un solo electrolito y electrodos de un mismo material, donde el electrolito se somete a cambios de temperatura. En este aspecto se abordan aspectos experimentales del estudio de Hittorf: la influencia de la temperatura en la descomposición electroquímica, como, por ejemplo, describe a continuación:

“Siempre he evitado utilizar corrientes muy grandes, ya que el aumento de temperatura que producen en la solución es inquietante. El efecto inmediato de esto en nuestros datos se puede obviar fácilmente al no eliminar la solución electrolizada para su análisis inmediatamente después de interrumpir la corriente, sino al permitir que vuelva primero a la temperatura del entorno. Por otro lado, una perturbación indirecta del aumento de temperatura no se puede superar tan fácilmente. Consiste en la formación de una cantidad de pequeñas burbujas de aire que normalmente cubren la superficie de la placa de vidrio debajo del cátodo y que no se pueden eliminar. Estas pequeñas burbujas, que no son gas hidrógeno, se desprenden del lugar donde aparecen. Si se van a utilizar grandes corrientes, es prudente liberar la solución lo más lejos posible del aire absorbido”

(Hittorf, recopilado por Goodwin, 1899, página 63).

CONSIDEREMOS:

¿De qué manera afecta los cambios de temperatura del entorno, a la intensidad corriente eléctrica en el electrolito?

¿Cómo se puede explicar este fenómeno desde los fundamentos teóricos actuales?

Según el fragmento del texto de Hittorf ¿Qué podría ser las pequeñas burbujas que describe en el experimento?

Experimento

Para establecer la relación entre la temperatura, el cambio de las sustancias, la intensidad de corriente, entre otros factores, se usan un par de electrodos del mismo tipo (carbono, hierro, cobre, zinc, etc.) y del mismo grosor que se sumergen en la solución de electrolito (se recomienda bicarbonato de sodio, vinagre, hipoclorito de sodio (decol)), cuya concentración dependerá de la naturaleza de electrolito (*ya que, por ejemplo, la concentración en la que encontramos, comercialmente, el vinagre es diferente a la concentración del hipoclorito de sodio*). Cada uno de los electrodos se conecta por medio de cable terminal caimán-caimán, de tal manera que uno de los electrodos se conecta a una fuente o pila de 9 voltios y el otro electrodo se conecta al multímetro. Posteriormente, la otra terminal del multímetro se conecta a la fuente o pila de 9 voltios, completando así el circuito.

Se dispone también de un medio o instrumentos para cambiar la temperatura del electrolito tales como plancha de calentamiento, baño de maría, calorímetro, hielo, etc., con el fin de establecer diferentes temperaturas a las cuales pueda estar sometido el montaje. Además, se usa también un termómetro.

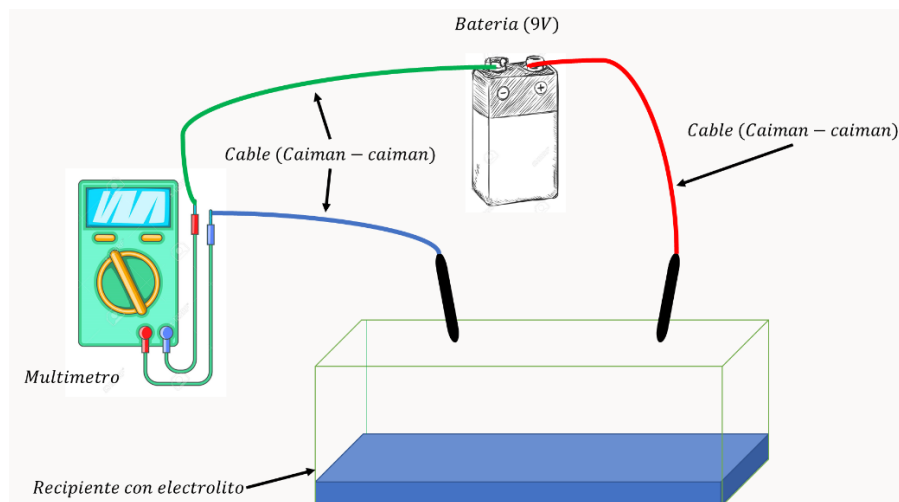


Ilustración del montaje para el experimento. Autoría propia.

Bibliografía

Goodwin, H. (Recopilador) (1899). *The fundamental laws of electrolytic conduction: memoirs by Faraday, Hittorf and F. Kohlrausch*. Harper & brothers' publishers. New york y Londres.

Anexo 5. Actividad experimental: Efecto dimensiones de electrodos.

Universidad Pedagógica Nacional
Facultad de ciencia y tecnología
Licenciatura en Química
Trabajo de grado



ACTIVIDAD EXPERIMENTAL

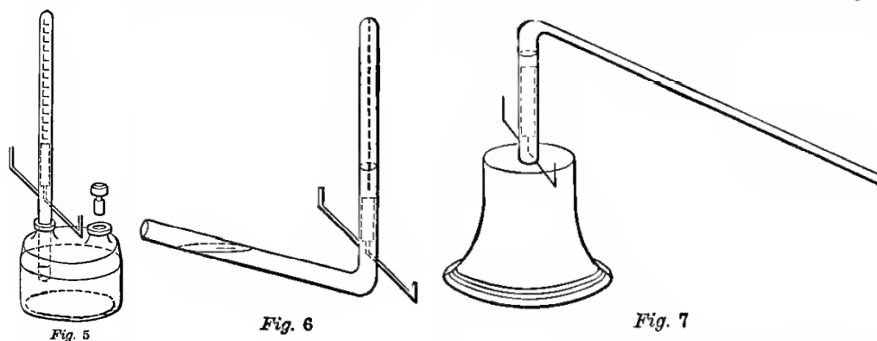
EFFECTO DIMENSIONES DE ELECTRODOS

Cómo, un componente fundamental dentro de un montaje de descomposición electroquímica, un electrodo, en sus características, puede influir en el comportamiento y desempeño de la descomposición.

Para la actividad experimental se propone disponer de un solo electrolito y electrodos de un mismo material, donde los electrodos sean de diferente tamaño, de manera similar como propone Faraday:

“El primer punto investigado fue la influencia o indiferencia de grandes variaciones en el tamaño de los electrodos, para lo cual se utilizaron instrumentos como los descritos en último lugar (Figs. 5, 6 y 7). Uno de ellos tenía placas de 0,7 de pulgada de ancho y casi 4 pulgadas de largo; otro tenía placas de sólo 0,5 de pulgada de ancho y 0,8 de pulgada de largo; un tercero tenía alambres de 0,02 pulgadas de diámetro y 3 pulgadas de largo; y un cuarto, cables similares de solo media pulgada de largo”

(Faraday, recopilado por Goodwin, 1899, página 17).



“Un mismo fluido es sometido al poder de descomposición de la misma corriente de electricidad, pasando en el recipiente. A entre grandes placas de platina y en el vaso B entre pequeños alambres”. (Faraday, recopilado por Goodwin, 1899, página 21)

En este aspecto se abordan aspectos experimentales del estudio de Faraday: la influencia de las dimensiones de los electrodos en la descomposición electroquímica.

Experimento

CONSIDEREMOS:

¿De qué manera varía la intensidad de la corriente eléctrica en una disolución electrolítica cuando se disponen de electrodos de diferentes dimensiones?

¿Cómo se puede explicar este fenómeno desde los fundamentos teóricos actuales?

Para establecer la relación entre las dimensiones de los electrodos, el cambio de las sustancias, la intensidad de corriente, entre otros factores, se usan un par de electrodos del mismo tipo (carbono, hierro, cobre, zinc, etc.) y disponiendo de diferente formas o dimensiones (placas, hilos o alambres, etc.) que se sumergen en la solución de electrolito (se recomienda bicarbonato de sodio, vinagre, hipoclorito de sodio (decol)), cuya concentración dependerá de la naturaleza de electrolito (*ya que, por ejemplo, la concentración en la que encontramos, comercialmente, el vinagre es diferente a la concentración del hipoclorito de sodio*). Cada uno de los electrodos se conecta por medio de cable terminal caimán-caimán, de tal manera que uno de los electrodos se conecta a una fuente o pila de 9 voltios y el otro electrodo se conecta al multímetro. Posteriormente, la otra terminal del multímetro se conecta a la fuente o pila de 9 voltios, completando así el circuito.

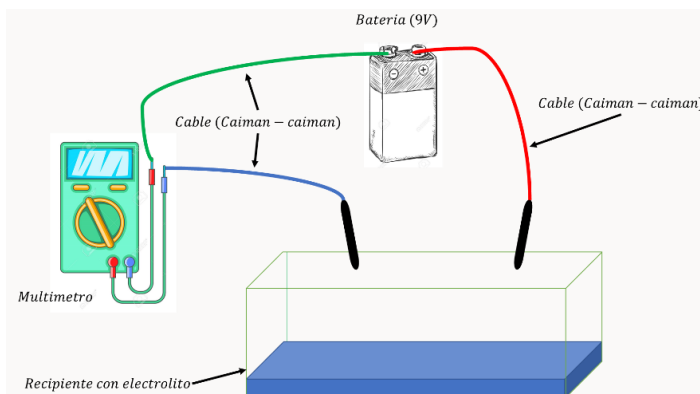


Ilustración del montaje para el experimento. Autoría propia.

Bibliografía

Goodwin, H. (Compilador) (1899). *The fundamental laws of electrolytic conduction: memoirs by Faraday, Hittorf and F. Kohlrausch*. Harper & brothers' publishers. New york y Londres.

Anexo 6. Actividad experimental: Efecto concentración de electrolito.

Universidad Pedagógica Nacional
Facultad de ciencia y tecnología
Licenciatura en Química
Trabajo de grado



ACTIVIDAD EXPERIMENTAL

EFFECTO CONCENTRACIÓN DE ELECTROLITO

Las características del electrolito que actúa como medio electrolítico puede afectar el comportamiento de la descomposición electroquímica, la intensidad de corriente y demás aspectos relacionados.

Para la actividad experimental se propone disponer de un solo electrolito y electrodos de un mismo material, donde el electrolito se somete a cambios de concentración con la adición de disolvente (agua). En este aspecto se abordan aspectos experimentales del estudio de Hittorf y Faraday: la influencia de la concentración de electrolito en la descomposición electroquímica, así como lo menciona Faraday:

“El tercer punto, con respecto al cual se probó el principio de igual acción electroquímica sobre el agua, fue la variación de la concentración de la solución utilizada. Para hacer del agua un conductor, se le había agregado ácido sulfúrico; [...] El ácido sulfúrico diluido, de diferentes concentraciones, se introdujo en diferentes aparatos de descomposición y se sometió simultáneamente a la acción de la misma corriente eléctrica. Se produjeron ligeras diferencias, como antes, a veces en una dirección, a veces en otra”.

(Faraday, recopilado por Goodwin, 1899, página 22).

CONSIDEREMOS:

¿De qué manera varía la corriente eléctrica en una disolución electrolítica cuando se cambia la concentración del medio electrolítico?

¿Cómo se puede explicar este fenómeno desde los fundamentos teóricos actuales?

¿Crees que se afectaría de igual manera según la naturaleza química del electrolito?

Experimento

Para establecer la relación entre la concentración del electrolito, el cambio de las sustancias, la intensidad de corriente, entre otros factores, se usan un par de electrodos del mismo tipo (carbono, hierro, cobre, zinc, etc.) y del mismo grosor que se sumergen en la solución de electrolito (se recomienda bicarbonato de sodio, vinagre, hipoclorito de sodio (decol)), cuya concentración dependerá de la naturaleza de electrolito (*ya que, por ejemplo, la concentración en la que encontramos, comercialmente, el vinagre es diferente a la concentración del hipoclorito de sodio*). Cada uno de los electrodos se conecta por medio de cable terminal caimán-caimán, de tal manera que uno de los electrodos se conecta a una fuente o pila de 9 voltios y el otro electrodo se conecta al multímetro. Posteriormente, la otra terminal del multímetro se conecta a la fuente o pila de 9 voltios, completando así el circuito.

Se varia la concentración inicial del electrolito con la adición de agua, ya sea con una jeringa (se recomienda jeringa de 10 mL) o algún recipiente volumétrico; y se toman los registros de la intensidad de corriente con cada adición. Como se muestra en la siguiente ilustración:

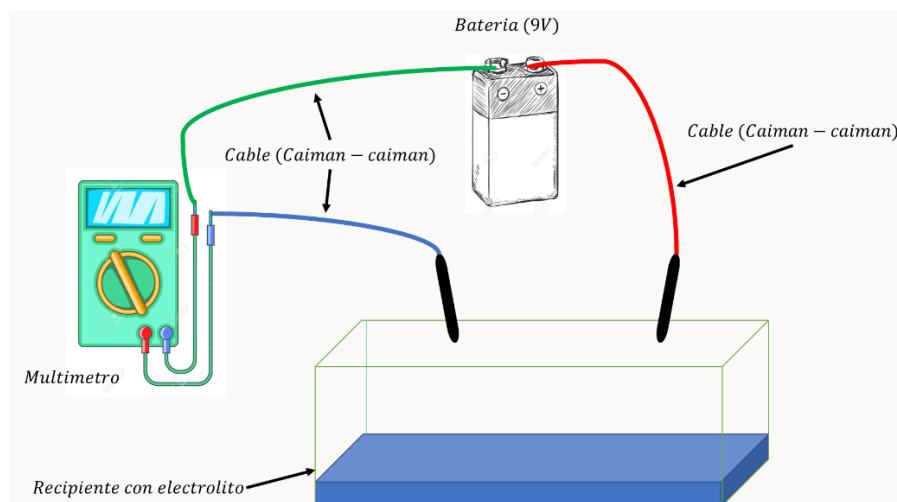


Ilustración del montaje para el experimento. Autoría propia

Se comienza con la adición de una cantidad conocida del electrolito elegido, se sumergen los electrodos, y se toman registro de la intensidad de corriente eléctrica. Luego se retiran los electrodos y se añade un volumen de agua igual a volumen de electrolito que se utilizó en principio, de tal manera que el volumen resultante sea el doble del volumen inicial (Por

ejemplo, si inicialmente se usa 10 mL de electrolito, se añade 10 mL de agua a dicho electrolito para que el volumen final sea 20 mL)

Bibliografía

Goodwin, H. (Compilador) (1899). *The fundamental laws of electrolytic conduction: memoirs by Faraday, Hittorf and F. Kohlrausch*. Harper & brothers' publishers. New york y Londres.

Anexo 7. Actividad experimental: Efecto naturaleza de electrolito.

Universidad Pedagógica Nacional
Facultad de ciencia y tecnología
Licenciatura en Química
Trabajo de grado



ACTIVIDAD EXPERIMENTAL

EFFECTO NATURALEZA DE ELECTROLITO

Las características del electrolito que actúa como medio electrolítico puede afectar el comportamiento de la descomposición electroquímica, la intensidad de corriente y demás aspectos relacionados.

Para la actividad experimental se propone disponer de varios electrolitos y electrodos de un mismo material, donde los diferentes electrolitos se someten al mismo potencial eléctrico. En este aspecto se abordan aspectos experimentales del estudio de Hittorf y Faraday: la naturaleza de electrolito en la descomposición electroquímica, así como lo menciona Faraday:

“Así, como nosotros acabamos de decir, él admitía como una cosa muy natural que, el anión y el catión, recorrieran cada uno la mitad del camino. Pero, al mirar de cerca, esta hipótesis no es del todo natural; los iones contrarios reciben impulsos iguales, pero no hay razón para que ellos se sometan a resistencias iguales, porque, si la solución a través de la cual ellos se mueven es la misma, su naturaleza no es idéntica; en todo caso, habría que probara en principio que iones diferentes están sometidos a resistencias iguales cuando ellos se mueven con la misma velocidad”

(Faraday, citado por Ostwald, 1912)

CONSIDEREMOS:

¿Como es la variación de la intensidad de la corriente eléctrica en diferentes disoluciones electrolíticas de diferente naturaleza: ácida, básica y salina?

¿Cómo se puede explicar este fenómeno desde los fundamentos teóricos actuales?

Experimento

Para establecer la relación entre la naturaleza del electrolito, el cambio de las sustancias, la intensidad de corriente, entre otros factores, se usan un par de electrodos del mismo

tipo (carbono, hierro, cobre, zinc, etc.) y del mismo grosor que se sumergen en la solución de electrolito a elegir (se recomienda usar varios electrolitos, ya sea, bicarbonato de sodio, vinagre, hipoclorito de sodio (decol), o alguna base), cuya concentración dependerá de la naturaleza de electrolito (*ya que, por ejemplo, la concentración en la que encontramos, comercialmente, el vinagre es diferente a la concentración del hipoclorito de sodio*). Cada uno de los electrodos se conecta por medio de cable terminal caimán-caimán, de tal manera que uno de los electrodos se conecta a una fuente o pila de 9 voltios y el otro electrodo se conecta al multímetro. Posteriormente, la otra terminal del multímetro se conecta a la fuente o pila de 9 voltios, completando así el circuito.

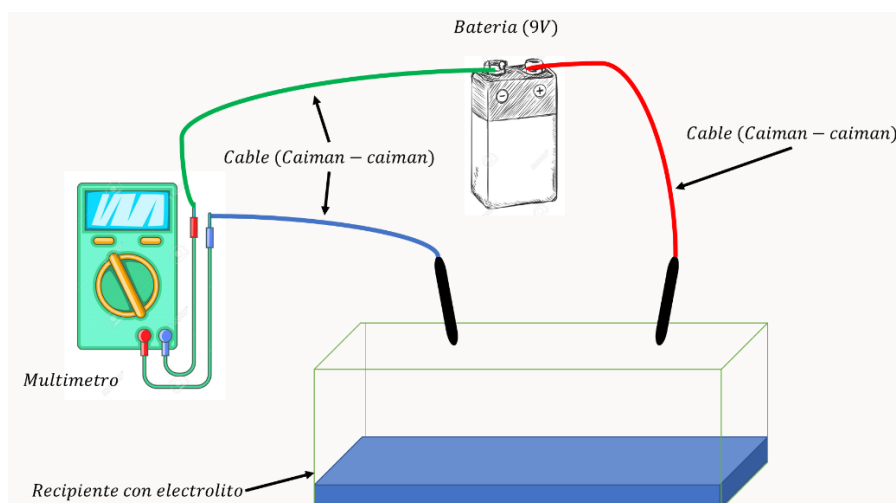


Ilustración del montaje para el experimento. Autoría propia

Bibliografía

Ostwald, W. (1912). *L'évolution de l'électrochimie*. Fuente gallica.bnf.fr / Bibliothèque nationale de France. Capítulo VI. Páginas 113 a 151.

Anexo 8. Actividad de cierre y validación.

Universidad Pedagógica Nacional
Facultad de ciencia y tecnología
Licenciatura en Química
Trabajo de grado



ACTIVIDAD 3. Cierre

Nombre: _____ **Fecha:** _____

En el transcurso del proyecto se ha visto diferentes textos originales de científicos (como Hittorf, Faraday, Arrhenius, entre otros) y se ha ahondado en las actividades experimentales que ellos realizaron en el desarrollo de la electroquímica y cuyos aportes contribuyeron a la teoría de disociación electrolítica

A partir de la lectura de los fragmentos originales de científicos del campo de la electroquímica. Describa que factores pueden incidir en el fenómeno de disociación electrolítica y como es dicha incidencia.

¿Alguna de las lecturas le presento dificultad? Mencione la dificultad.

Al realizar las actividades experimentales, ¿cuál de ellos le fue interesante y por qué?

¿Qué otras variables creen que puede incidir en los fenómenos de disociación electrolítica?, justifique su respuesta.

¿Qué elementos del texto histórico le aportan a la comprensión de lo sucedido durante la actividad experimental realizada?

Anexo 9. Resultados del desarrollo experimental realizado por el docente investigador.

Prueba	1
Electrolito	Bicarbonato de sodio (NaHCO ₃)
Electrodos	carbono

Prueba No. 1: electrolito y electrodos utilizados. Autoría propia.

Concentración	Distanciamiento entre electrodos (cm)	Intensidad de corriente (mA)		
		Lectura	medición	Promedio
Concentración 1 (Volumen 1)	2	1	91.5	93.36666667
		2	93.5	
		3	95.1	
	4	1	83	81.3
		2	80.8	
		3	80.1	
	8	1	66.5	66
		2	65.8	
		3	65.7	
	16	1	50.5	50.46666667
		2	50.4	
		3	50.5	

Valores de intensidad de corriente registrados para la concentración 1, prueba No. 1. Autoría propia.

Concentración	Distancia entre electrodos (cm)	Intensidad de corriente (mA)		
		Lectura	medición	Promedio
Concentración 2 (2*Volumen 1)	2	1	96.3	95.9
		2	94.3	
		3	97.1	
	4	1	84,6	83.95
		2	84.9	
		3	83,0	
	8	1	70.4	70.06666667
		2	70.6	
		3	69.2	
	16	1	52.8	52.9
		2	53.1	
		3	52.8	

Valores de intensidad de corriente registrados para la concentración 2, prueba No. 1. Autoría propia.

Concentración	Distanciamiento entre electrodos (cm)	Intensidad de corriente (mA)		
		Lectura	medición	Promedio
Concentración 3 (4*Volumen 1)	2	1	98.0	96.36666667
		2	96.8	
		3	94.3	

	4	1	80.5	80.8
		2	81.6	
		3	80.3	
	8	1	73.0	72.76666667
		2	72.7	
		3	72.6	
	16	1	53.2	53.13333333
		2	53.1	
		3	53.1	

Valores de intensidad de corriente registrados para la concentración 3, prueba No. 1. Autoría propia.

Prueba	2
Electrolito	Hipoclorito de sodio (NaClO)
Electrodos	carbono

Prueba No. 2: electrolito y electrodos utilizados. Autoría propia.

Concentración	Distanciamiento entre electrodos (cm)	Intensidad de corriente (mA)		
		Lectura	medición	Promedio
Concentración 1 (Volumen 1)	2	1	64.4	64.13333333
		2	64.1	
		3	63.9	
	4	1	52.1	51.76666667
		2	51.9	
		3	51.3	
	8	1	40.7	40.5
		2	40.5	
		3	40.3	
	16	1	29.2	29.3
		2	29.3	
		3	29.4	

Valores de intensidad de corriente registrados para la concentración 1, prueba No. 2. Autoría propia.

Concentración	Distanciamiento entre electrodos (cm)	Intensidad de corriente (mA)		
		Lectura	medición	Promedio
Concentración 2 (2*Volumen 1)	2	1	61.2	60.9
		2	60.4	
		3	61.1	
	4	1	51.1	50.9
		2	50.7	
		3	50.9	
	8	1	40.7	40.63333333
		2	40.5	
		3	40.7	
	16	1	29.3	29.26666667
		2	29.1	

		3	29.4	
--	--	---	------	--

Valores de intensidad de corriente registrados para la concentración 2, prueba No. 2. Autoría propia.

Concentración	Distanciamiento entre electrodos (cm)	Intensidad de corriente (mA)		
		Lectura	medición	Promedio
Concentración 3 (4*Volumen 1)	2	1	64.1	63.4
		2	64.4	
		3	61.7	
	4	1	51.7	52.0
		2	52.2	
		3	52.1	
	8	1	41.1	41.1
		2	41.4	
		3	40.8	
	16	1	29.8	29.8
		2	30.0	
		3	29.6	

Valores de intensidad de corriente registrados para la concentración 3, prueba No. 2. Autoría propia.

Prueba	3
Electrolito	Ácido muriático (HCl)
Electrodos	carbono

Prueba No. 3: electrolito y electrodos utilizados. Autoría propia.

Concentración	Distanciamiento entre electrodos (cm)	Intensidad de corriente (mA)		
		Lectura	medición	Promedio
Concentración 1 (Volumen 1)	2	1	185.3	182.1666667
		2	180.3	
		3	180.9	
	4	1	171.3	168.1666667
		2	166.1	
		3	167.1	
	8	1	160.3	157.8
		2	157.7	
		3	155.4	
	16	1	142.8	141.0
		2	140.5	
		3	139.7	

Valores de intensidad de corriente registrados para la concentración 1, prueba No. 3. Autoría propia.

Concentración	Distanciamiento entre electrodos (cm)	Intensidad de corriente (mA)		
		Lectura	medición	Promedio
Concentración 2 (2*Volumen 1)	2	1	170.5	168.5333333
		2	169.8	
		3	165.3	

	4	1	155.5	154.7333333
		2	154.7	
		3	154.0	
	8	1	151.5	153.2333333
		2	154.6	
		3	153.6	
	16	1	145.8	143.9333333
		2	142.8	
		3	143.2	

Valores de intensidad de corriente registrados para la concentración 2, prueba No. 3. Autoría propia.

Concentración	Distanciamiento entre electrodos (cm)	Intensidad de corriente (mA)		
		Lectura	medición	Promedio
Concentración 3 (4*Volumen 1)	2	1	173.9	174.0666667
		2	174.6	
		3	173.7	
	4	1	170.1	173.4666667
		2	176.3	
		3	174.0	
	8	1	166.7	166.0666667
		2	166.1	
		3	165.4	
	16	1	156.5	156.0666667
		2	155.8	
		3	155.9	

Valores de intensidad de corriente registrados para la concentración 3, prueba No. 3. Autoría propia.