**CONVOCATORIA INTERNA DE INVESTIGACIÓN AÑO 2023**

**ID CONVOCATORIA: 287 – FECHA REPORTE: 07-09-2023**

**ID PROPUESTA: 12594**

**1. IDENTIFICACIÓN DEL PROYECTO**

|  |  |
| --- | --- |
| **1.1. TITULO DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN:** Análisis histórico y epistemológico para una propuesta de enseñanza de las teorías modernas sobre estructura atómica de la materia desde una perspectiva fenomenológica. | |
| **1.2. NOMBRE DEL(OS) GRUPO(S) DE INVESTIGACIÓN:**  1. Grupo de Estudios Históricos-Críticos y Enseñanza de las Ciencias EHC^EC | |
| **1.3. ESTADO DEL(OS) GRUPO(S) DE INVESTIGACIÓN EN COLCIENCIAS:** | Grupo 1: C |
| **1.4 MODALIDAD:**  Escriba la modalidad en la cual se inscribe la propuesta de acuerdo a los términos de referencia de la convocatoria | M1. Investigaciones en el marco de las líneas de los grupos |
| **1.5. LÍNEA DE INVESTIGACIÓN Y/O EJE DEL PDI**  Registre la línea de investigación en la cual se inscribe la propuesta y/o el eje del Plan de Desarrollo Institucional 2014-2019 al que aporta la propuesta (si aplica) | **Nombre de la línea de investigación del grupo:**  No aplica para esta convocatoria |
| **Nombre del eje del PDI:** |
| **1.6. UNIDAD ACADÉMICA**  Registre la unidad académica en donde se origina el proyecto, Facultad y departamento, Doctorado Interinstitucional en Educación o IPN | Facultad de Ciencia y Tecnología |
| **1.7. DURACIÓN:**  Indique la(s) vigencia(s) en la que se ejecutará el proyecto (revise términos de referencia para definir el tiempo). | 12 Meses |
| **1.8. COFINANCIACIÓN:**  Indiqué si el proyecto será ejecutado y financiado por otra institución diferente a la Universidad Pedagógica Nacional (recuerde que se debe anexar la carta de aval de cada institución con el valor de la contrapartida) | Universidad Pedagogíca Nacional |
| **1.9. RECURSOS DE FUNCIONAMIENTO**  Corresponde al cálculo aproximado del costo de las horas solicitadas por los profesores que participaran en el desarrollo de la investigación. | **$55,874,660** |
| **1.10. RECURSOS DE INVERSIÓN:** Corresponde al valor de los recursos solicitados para el desarrollo del proyecto. (No puede exceder el máximo establecido en los términos de referencia de la convocatoria). | **$32,000,000** |
| **1.11. TOTAL DE COFINANCIACIÓN:** Escriba el valor de los recursos proyectados por cofinanciación (Solo para los proyectos que posean este tipo de recurso). | **$0** |
| **1.12. TOTAL RECURSOS:**  Suma de los valores de las dos o tres casillas anteriores (según corresponda a la modalidad). | **$87,874,660** |
| **1.13. NOMBRE(S) Y APELLIDO(S) DEL INVESTIGADOR PRINCIPAL[[1]](#footnote-1)**: Sandra Sandoval Osorio | |
| **1.14. No DOCUMENTO DE IDENTIFICACIÓN:**  (Marque con una (X) el tipo de documento y escriba el número de identificación del investigador principal) | Cédula de ciudadania |
| **№ 51976909** |
| **1.15. TIPO DE VINCULACIÓN:**  Indique el tipo de vinculación del investigador principal (Revise términos de referencia) | Planta |

**2. CONTENIDO DE LA PROPUESTA**

**EJE/ÁREA TEMÁTICA**

En el marco de la convocatoria, la modalidad 1, a la cual nos inscribimos, busca apoyar las líneas de investigación de los grupos para aportar a su posicionamiento, reconocimiento y trayectoria académica. Particularmente en lo relacionado con lo que se reconoce como análisis disciplinares orientados a la producción de conocimiento disciplinar e interdisciplinar del campo de conocimiento de los grupos.   
Esta investigación se inscribe en la línea: la enseñanza de las ciencias desde una perspectiva fenomenológica. En nuestras investigaciones hemos hecho énfasis en los análisis de fuentes primarias de científicos como una forma de hacer estudios histórico-críticos cuya intencionalidad está en la comprensión y estructuración de las problemáticas que son de nuestro interés para producir reflexiones pedagógicas y propuestas de enseñanza. Tales productos están cruzados por la actividad experimental y sus aportes a la constitución de fenomenologías y dominios fenomenológicos.   
El grupo EHC^EC está comprometido con la consolidación de la investigación para desarrollar los siguientes aspectos:   
- El fortalecimiento de una perspectiva de educación en ciencias y de formación de maestros que aporta elementos a la relación ciencia – historia de las ciencias y educación. Desde esta perspectiva hemos analizado la configuración de dominios fenomenológicos, sus vínculos con las actividades experimentales y los procesos de formalización que se pueden desarrollar. Consideramos que estos elementos contribuyen a la comprensión del maestro sobre los procesos de constitución de conocimiento y con ésto a la construcción de criterios que orientan el proceder como docente de ciencias.   
- Formas de proceder en el aula que comprometan al estudiante y al profesor en el estudio permanente de las ciencias que enseñan y aprenden. Se reconoce que la estructuración teórica es un lugar de llegada en el proceso constructivo de la educación en ciencias, que requiere el vínculo de la actividad experimental y de la dinámica de teorización con la posibilidad de creación de espacios de enseñanza de las ciencias donde las relaciones entre diferentes clases de fenómenos amplían la comprensión de diversos fenómenos naturales.   
Esta investigación, en concordancia con los anteriores aspectos, aporta para discernir algunas inquietudes que emergen cuando se pone en juego la perspectiva fenomenológica en la explicación de modelos y representaciones sobre el mundo que no implican una relación directa con la experiencia de los sujetos. Por ejemplo, aquellas representaciones sobre la constitución de la materia, a los que se acude para dar cuenta de efectos eléctricos o cambios químicos, que si bien pueden comprenderse como parte de los procesos de formalización y teorización no siempre se ponen en comunicación con análisis a la actividad experimental.   
Fortalecer estos aspectos, que son parte de una postura frente al conocimiento científico y a su enseñanza, influye de manera importante en las actividades de docencia que los miembros de este grupo desarrollamos. Esto, además del posicionamiento a nivel nacional de la investigación desarrollada en sus aspectos conceptuales y metodológicos, se articula con la producción investigativa, la docencia y proyección social de la Universidad, pues fortalece el ejercicio de formación de docentes de la Facultad de Ciencia y Tecnología, en la medida en que fundamenta y profundiza sobre problemáticas que han sido base para proponer seminarios con docentes en formación, en las Licenciatura en Física, Licenciatura en Química, y con docentes en ejercicio de los posgrados de Especialización en Docencia de las Ciencias para el Nivel Básico, Maestría en Docencia de las Ciencias Naturales y Maestría en Docencia de la Química. Por último, es base para orientar los desarrollos investigativos de los estudiantes de pregrado y maestría que se vinculan a este proyecto.

***MÓDULO I***

* 1. **RESUMEN EJECUTIVO**

En el campo de la enseñanza de las ciencias se organizan contenidos de enseñanza alrededor de “conceptos básicos” de los cuales se parte para que los estudiantes puedan tener condiciones para aprender el conjunto de teorías científicas que se enseñan, por ejemplo: electrón, fotón, ion, átomo, molécula, entre otros. Estos se terminan concibiendo como pequeños corpúsculos que hacen parte de la estructura de la materia, que generan fuerzas de atracción o repulsión entre sí y se mueven de manera más o menos libres al interior de una sustancia. Si bien se hace una imagen fácil de interacción entre cuerpos, se genera poca comprensión de las condiciones y factores que intervienen en los procesos de transformación de las sustancias, de la interacción entre las sustancias con la electricidad en los procesos de descomposición o disolución, o de la conductividad en gases y en soluciones acuosas. En estos casos, la razón queda ausente de la organización conceptual, (Bachelard, 1948) pues los conceptos quedan desconectados de las experiencias que los sujetos elaboran sobre el mundo.  
En los estudios histórico críticos que hemos desarrollado encontramos que estos conceptos son construcciones de las ciencias que tienen su aparición a finales del siglo XIX; y más que puntos de partida (como se asumen en contextos de enseñanza) son síntesis conceptuales en el campo de la física, la química y la electroquímica. De aquí derivamos que:   
- La construcción de dominios fenomenológicos implica la generación de formas de organizar y ampliar la experiencia, de relacionar efectos o fenómenos ya organizados con otros apenas en el proceso de distinción o delimitación.   
- La elaboración de constructos teóricos, magnitudes y aparatos de medida se constituyen en procesos de formalización implicados en la construcción del dominio fenomenológico.   
Particularmente, en el surgimiento de los conceptos de ion o iones libres se acude a la representación de electrolitos con cargas eléctricas y corpúsculos de electricidad. Representaciones abordadas en los trabajos de Thomson (1906) o de William Crookes (1879), que estudiaron los fenómenos asociados a la conductividad en gases encerrados a baja presión, pero también controvertidas en su momento por Ostwald (1912), Helmholtz (1881) y Hertz (1876) quienes consideraban correspondían a fenómenos ondulatorios en el éter y a acciones contiguas de composición y descomposición. La reflexión epistemológica introducida sobre la naturaleza del vínculo electricidad – materia es un punto clave.  
El vínculo entre los efectos generados por el paso de corriente en sustancias (soluciones y gases), las relaciones de equivalencia entre magnitudes y las representaciones que formalizan este campo de fenómenos nos llevan a plantear: ¿cuáles son los elementos de orden epistemológico que, desde una perspectiva fenomenológica, hacen posible comprender y argumentar una representación de estructura de la materia?   
Esta investigación, en acuerdo con los desarrollos de nuestras propuestas anteriores, aporta para discernir algunas inquietudes que emergen cuando se pone en juego la perspectiva fenomenológica en la explicación de modelos y representaciones sobre el mundo que no implican una relación directa con la experiencia de los sujetos. Por ejemplo, aquellas representaciones sobre la constitución de la materia, a los que se acude para dar cuenta de efectos eléctricos o de cambios químicos, que, si bien pueden comprenderse como parte de los procesos de formalización y teorización, no siempre se ponen en comunicación con los análisis que se realizan en la actividad experimental.  
En este sentido, pretendemos derivar criterios epistemológicos y plantear pautas para la elaboración de propuestas de enseñanza del campo de la electroquímica que pongan en discusión la representación de la constitución de la materia coherente con esta perspectiva fenomenológica donde se privilegia la problematización de los fenómenos y construcción de actividades experimentales que aportan a la ampliación de la comprensión de las situaciones de estudio.

* 1. **DESCRIPTORES / PALABRAS CLAVES:**

Análisis histórico epistemológico ; mirada corpuscular en la electroquímica ; enseñanza de la estructura de la materia ; perspectiva fenomenológica de las teorías de la estructura de la materia ; estudios de caso históricos

* 1. **ANTECEDENTES**

Atendiendo a las directrices de la convocatoria, en este apartado se presentan los aspectos en los cuales hemos profundizado en las últimas investigaciones vinculadas al eje temático y línea de investigación declarada antes y por lo cual es pertinente para la consolidación del grupo.   
En las investigaciones que hemos realizado, en los últimos ocho años, profundizamos en diferentes aspectos de la actividad científica del siglo XIX involucrada en la consolidación del dominio de la electroquímica (Malagón, et al., 2018; Garzón, et al., 2020; Sandoval, et al., 2020). Algunos de estos aspectos han apuntado a la comprensión fenomenológica de las relaciones entre efectos eléctricos y procesos químicos y otros a elementos epistemológicos que están involucrados en la constitución de la teorización que se consolida en este campo.   
En el proyecto “Generación de principios teóricos y teorización: Una estrategia para la enseñanza de las ciencias” (DFI 406-15), se hizo un análisis de la comunicación con la que Alessandro Volta (1745-1827) presentó ante la Royal Society el aparato electromotor, y se hizo énfasis en el proceso de organización del lenguaje utilizado por Volta para precisar el principio del funcionamiento de este aparato, sus características, sus reglas de funcionamiento, y sus efectos. En este estudio se identificaron relaciones entre los fenómenos de la electricidad estática, la electricidad animal y la electricidad voltaica; y, otras relaciones entre la electricidad voltaica y fenómenos químicos. Se da vía a la constitución de un nuevo campo fenomenológico: la electroquímica. También el estudio de los procesos de electrolisis durante la primera parte del siglo XIX; la construcción de escalas de potencial químico y el vínculo con procesos termodinámicos, en el marco del proyecto “Procesos de teorización: síntesis y campos fenomenológicos” (DFI 430-16), realizado entre el 2016 y 2017, es reconocido por nosotros como un proceso de constitución de la electroquímica como nuevo dominio fenomenológico. Estos estudios respaldan la propuesta de relaciones entre diferentes fenómenos que hemos reconocido como: 1) relación de reducción; 2) relación de unificación; y 3) relación de equivalencia entre los fenómenos relacionados (Ayala, et. Al., 2018). Estas se constituyeron en criterios de trabajo para nuevas investigaciones, en particular las relaciones de equivalencia.   
Las “Relaciones de Equivalencia y Construcción del Campo Fenomenológico: El caso de la electroquímica” (DQU 478-18), durante el 2018, son analizadas en un estudio crítico de los textos de: Ritter (1776-1810) sobre el estudio de lo que sucede en los electrolitos y los electrodos durante las electrólisis, Davy (1926) sobre las características de los cambios que sufren los electrolitos ácidos y álcalis, y Daniell (1836) sobre la construcción de pilas que tuvieran un uso práctico.   
En este análisis se identificaron diferentes etapas de desarrollo de relaciones entre los fenómenos químicos y eléctricos, que dieron origen a la electroquímica:   
 · Los trabajos de Ritter (1776 -1810), Davy (1926) y Faraday (1849) aportaron elaboraciones importantes en relación con las cantidades de sustancia que se modifican o transforman en los procesos que comprometen corrientes eléctricas o cantidades de electricidad; se establecen relaciones de comparación y proporcionalidad entre efectos distintos, que luego devienen en relaciones cuantificables entre estas magnitudes y que ponen en estrecho vínculo fenómenos eléctricos y de transformación de sustancias.  
 · También se compararon las escalas de afinidad química de los metales por el oxígeno con las escalas de tensión eléctrica (Potencial eléctrico). Esta comparación se hace estableciendo una analogía entre los procesos de combustión, oxidación y procesos voltaicos. En cada uno de estos fenómenos se han establecido órdenes o escalas de intensidad particulares, y posteriormente al compararlas se encuentran comportamientos similares que ayudan a establecer relaciones entre los dos dominios fenomenológicos. La analogía es posible porque, aunque los hechos sean distintos, hay una pregunta por el esquema conceptual que los puede vincular, que hace que, aunque en una escala y en la otra los procesos a los que se someten metales como la plata, el cobre, el hierro, etc., sean distintos, la ordenación se mantiene, y entonces es factible considerar que los procesos de oxidación pueden ser medidos en términos de las tensiones eléctricas. En estos esquemas teóricos por los que indagamos, «hechos concretos muy diferentes pueden fundirse entre sí cuando son interpretados por la teoría, constituyen una sola experiencia y se expresan por una sola declaración simbólica» (Duhem, 1906, p. 245)  
El análisis histórico crítico de fuentes primarias, junto con el diseño de actividades experimentales, contribuyen a la producción de material de trabajo dirigido a procesos de enseñanza de las ciencias para la constitución de magnitudes, relaciones entre magnitudes, construcción de formas y aparatos de medida, dentro del campo de la electroquímica. Material que es central en la propuesta de un curso electivo ofertado para los programas de pregrados de la Facultad de Ciencia y Tecnología y hace parte de una publicación del equipo que se encuentra en edición.   
La actividad experimental que se propone para el trabajo con los estudiantes y la profundización en las teorías que explican esta clase de fenómenos, es lo que en el proyecto “La actividad experimental en el aula. Estabilización de un campo fenomenológico y construcción de instrumentos y formas de medida como síntesis teóricas” (DQU 509-19), requirió el estudio de los desarrollos de Faraday, particularmente las Serie V y Serie VII de su Experimental Researches in Electricity, como fundamento para la indagación de las teorías electroquímicas propuestas por él y de los aparatos de medida diseñados o utilizados en la medición de la cantidad de electricidad Vs la cantidad de sustancia que interviene en las reacciones químicas. Complementado con las lecturas de Davy (1926) y Gay Lussac y Thenard (1811), se vuelve a poner el acento en la relación entre la actividad experimental y el desarrollo de teorías científicas, puesto que el establecimiento de estas mediciones implicó la construcción de representaciones de los efectos observados en los experimentos electroquímicos.   
Es, en este sentido que, en el proyecto “Estructuración teórica en la consolidación de un dominio fenomenológico: De la electroquímica al Ión” (DQU 535 - 20), se avanzó en la explicitación de las relaciones de equivalencia en el estudio de caso de la electrodescomposición de sustancias y los esquemas conceptuales de ión, Identificamos en los trabajos de Faraday, Hittorf, Kohlraush y Arrhenius que, en el estudio experimental de la electrodescomposición de sustancias, la idea de ión se vincula a un conjunto de efectos asociados con: la acción de la corriente eléctrica a través de soluciones de electrolitos; el porcentaje de transferencia de sustancias en términos de la migración de los iones libres; y la conductividad eléctrica de las soluciones que se establece en términos de la disociación en iones de los electrolitos. Se encuentra que la teoría de los iones libres estructura la relación de los cambios químicos por la circulación de la electricidad. El ión es, entonces, una estructura teórica que sintetiza una serie de relaciones entre sustancia y carga que implicó un proceso de representación y de estructuración matemática en relación con los efectos que se obtenían en los experimentos de electrodescomposición de sustancias.  
Dentro de la consolidación del campo de la electroquímica, tanto las relaciones de unificación de campos fenomenológicos diferentes, como el establecimiento de relaciones de equivalencia conducen a la comparación y cuantificación de efectos, y a la organización de los procesos de construcción de conceptos que son fundamentales dentro de la comprensión de un dominio fenomenológico. Por esto durante el 2021, en el proyecto “Teorización y formalización en la estructuración de la relación carga – ión. Fundamentos para la enseñanza de las ciencias” (DQU560-21), se profundiza en el proceso de estructuración teórica que lleva a considerar el ión como una materialización de relaciones entre sustancia y carga. El estudio de textos de científicos del siglo XIX, como Ostwald (1912), Arrhenius (1903), De la Rue y Müller (1877), Hittorf (1853), y J.J. Thomson (1906), muestra que la teoría de los iones libres lleva a la unificación de la mirada sobre la conductividad en líquidos, soluciones acuosas y gases, organizando un esquema conceptual que ha ampliado la comprensión sobre el comportamiento discreto de las sustancias.  
De este modo identificamos que: si hay una relación fija entre la cantidad de sustancia y la carga eléctrica que se pueda expresar como una relación matemática entre cantidad de moles - cantidad de electricidad, y que si la representación de esta relación entre cantidad de sustancia y cantidad de electricidad nos conduce a asociar una unidad de electricidad a una unidad de sustancia [mol], entonces, este tipo de relaciones, representaciones y asociaciones constituyen una ruta para indagar por: el tipo de argumentación que aporta a la consolidación de la visión de un comportamiento discreto de la materia que vincula teóricamente diversos dominios fenomenológicos, particularmente en el caso de la conductividad eléctrica en soluciones acuosas y gases encerrados. Esta indagación la hemos adelantado en el proyecto: “El comportamiento discreto de la materia en vínculo con la conductividad en gases y soluciones: Una propuesta fenomenológica para la educación en ciencias” (DQU-628-23).  
Ubicados en el estudio histórico-crítico del trabajo experimental de autores como: Michel Faraday (1849), Johann Wilhelm Hittorf (1853), Friederich Kohlrausch (1876), Svante Arrhenius (1903; 1912), Joseph John Thomson, (1906), Hermann Ludwig Ferdinand von Helmholtz (1881), Jacobus Hendrikus Van Hoff (1885), De la Rue y Müller (1877) y Julius Plücker (1858) se han encontrado aportes en la descripción de procesos electrolíticos como la conductividad y en la explicación de la conductividad en gases al interior de los tubos de descarga. Descripciones en los que la producción tanto de descomposición de gases como de efectos luminosos en éstos al ser sometidos a altas tensiones ponen en discusión la naturaleza ondulatoria o corpuscular de estos fenómenos; es decir, la posibilidad de explicar desde una representación contigua de las acciones entre los componentes del gas y la electricidad o desde una representación de corpúsculos cargados moviéndose en una dirección específica (Thomson, 1906, p. 145).  
Si bien los avances que hemos realizado en nuestra actividad investigativa aportó a formular y caracterizar el proceso de constitución y estabilización de la electroquímica, desde una perspectiva histórica, desde la que hemos encontrado que el proceder fenomenológico contribuye en:  
- La construcción de dominios fenomenológicos que implica la generación de formas de organizar y ampliar la experiencia, de relacionar efectos o fenómenos ya organizados con otros apenas en el proceso de distinción o delimitación.  
- La elaboración de constructos teóricos, magnitudes y aparatos de medida que se constituyen en procesos de formalización implicados en la construcción del dominio fenomenológico.  
- La selección de situaciones que permitan interrogar y problematizar los fenómenos organizados que se configura en una ruta para los procesos de enseñanza de las ciencias.  
- La actividad experimental que se reconoce como uno de los ejes que articulan este proceso y que puede ser pensado para la enseñanza de las ciencias.  
Esta ruta de indagación da un panorama amplio y preciso de las dificultades que surgen en la estructuración y formulación de teorías y conceptos, cuando estos se miran y analizan teniendo en cuenta su génesis. Se evidencian así las dificultades en precisar conceptos y establecer vínculos entre campos fenomenológicos aparentemente disyuntos. Es así como en el caso de la electroquímica, conceptos usados actualmente y que se nos muestran como claros y precisos, resultaron en un comienzo en el uso de términos y relaciones algo confusas. Esto es muy valioso para los procesos de enseñanza, ya que nos permiten identificar y valorar estas dificultades, que en muchos casos nuestros estudiantes tamb3ién sufren y, por lo tanto, posibilitan hacer o estructurar actividades donde, con criterios y argumentos disciplinares, puedan disminuirse o superarse.  
Entonces, encontramos necesario avanzar en la búsqueda de coherencia entre esta mirada fenomenológica y la mirada corpuscular que se asocia a las representaciones de constitución de la materia y a las explicaciones que generalmente se asocian al campo de las transformaciones químicas y del comportamiento eléctrico. Representaciones que fueron coherentes en los trabajos de Thomson (1906) o de William Crookes (1879) pero también controvertidas en su momento por Ostwald (1912), Helmholtz (1881) y Hertz (1876) consideraban que en los tubos de descarga los fenómenos correspondían a fenómenos ondulatorios en el éter. Esto nos ubica en el plano de las relaciones entre el conocimiento y la necesidad explicativa del mundo, es decir, en el plano epistemológico.

(Puntaje máximo en la evaluación 10 puntos de 100)

***MÓDULO II***

**PROBLEMA, OBJETIVOS Y METAS**

**a. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA:** Durante las últimas investigaciones hemos avanzado en la consolidación de una perspectiva fenomenológica para la enseñanza de las ciencias (Sandoval, et al., 2018a), particularmente hemos profundizado en las relaciones entre diferentes clases de fenómenos (como entre los fenómenos químicos y los fenómenos eléctricos) que dan lugar a dominios fenomenológicos independientes (como la electroquímica). Entendiendo por dominio fenomenológico una clase de fenómenos que son posibles de agrupar dentro de un mismo sistema de relaciones (Ayala, et al., 2018). En estos estudios hemos caracterizado tres clases de relaciones: de reducción, de unificación y de equivalencia (Sandoval, et al. 2018b), que nos han permitido encontrar en la apuesta fenomenológica una manera de dar sentido a los fenómenos, magnitudes y conceptos de estudio que llevamos a las clases de ciencias, en nuestro caso, en contextos de formación de profesores.   
En particular, hemos hecho énfasis en las relaciones de equivalencia, donde ha sido necesario revisar cuáles son las magnitudes que describen tal equivalencia. Por ejemplo, cuando se aborda el caso de la descomposición de sustancias por el paso de corriente (electrólisis), se dice que la cantidad de electricidad que pasa a través de un electrolito es equivalente a la cantidad de sustancia que se descompone en cada uno de los electrodos. Para hacer tal afirmación, encontramos en los textos de Michael Faraday (1791 – 1867) la descripción de las formas como se definen las cantidades, los aparatos para la medida y discriminar los diferentes factores que influyen en tal relación. Es decir, la actividad experimental resulta necesaria para dar sentido a la magnitud, pues estas no están dadas a priori al fenómeno que se estudia.  
Hemos destacado en esta primera parte de nuestras investigaciones que es posible construir dominios fenomenológicos, como conjunto de fenómenos relacionados tanto en los aspectos conceptuales formales como en los aspectos experimentales factuales. En el aspecto formal se plantean formas de hablar, con las cuales se distinguen efectos, se relacionan estos efectos entre sí, se le da nombre para referirnos a ellos y se diseñan condiciones para ser estudiados en detalle, para poder establecer de qué factores depende que estos efectos se intensifiquen o disminuyan.  
Al mismo tiempo, como se deduce, estos aspectos implican montajes, diseño de aparatos que sean capaces de convertir estos aspectos observados en repetibles y medibles. Lo cual implica que se piense el experimento y el aparato de medida ligado a la comprensión del dominio fenomenológico en el cual trabajamos; aquí es indispensable al final garantizar una relación entre la variable A que describe un fenómeno con la variable B que describe el otro fenómeno con el cual se relaciona, es decir, cuántas veces cambia A en relación con un cambio en B.  
Se entiende entonces que tanto los conceptos como las relaciones entre los conceptos, las definiciones de magnitudes y unidades de medida, así como la formalización de estas relaciones son productos de cada vez profundizar en la comprensión de las fenomenologías que estudiamos. Estos aspectos han sido destacados para nosotros, el grupo de investigación, a la hora de actuar en nuestras clases de ciencias, son el conjunto de criterios de actuación y de diseño de actividades de enseñanza que promovemos y divulgamos (Sandoval, et al, 2018a; Sandoval, et al, 2022).   
Adicionalmente a lo que hemos dicho, hemos distinguido en la estructura de los contenidos de enseñanza, que se presentan en los currículos, “conceptos básicos” de los cuales se debe partir para que los estudiantes puedan tener condiciones para aprender el conjunto de teorías científicas que se enseñan, por ejemplo: electrón, fotón, ion, átomo, molécula, entre otros. Muchos de éstos se quedan como objetos o definiciones sin que tengan mayor sentido dentro de las explicaciones que se puedan dar sobre fenómenos de estudio (Pozo & Gómez, 1998; De Jong & Taber, 2010) como la electrodescomposición de sustancias. Sin embargo, los “conceptos” que hemos mencionado como ejemplo son construcciones de las ciencias que tienen su aparición a finales del siglo XIX y son síntesis de un proceso de constitución de campos de fenómenos, más que puntos de partida. Algunos de ellos emergen en el estudio de la relación entre los fenómenos físicos y los fenómenos químicos, lo que posteriormente constituye la electroquímica. De manera resumida se pueden señalar los siguientes aspectos para que estos conceptos tuvieran sentido:  
• En un principio, la electroquímica, como señala Friedrich Wilhelm Ostwald (1912, p. 198) consiste en un conjunto de hechos aislados que, por una parte, trata la relación entre la afinidad química y la tensión eléctrica; por otra, estudia la conductividad electrolítica; y también aborda la transformación de la energía química en energía eléctrica desde el punto de vista de la energética.   
• Los trabajos de Jacobus Henricus van't Hoff (1852-1911) logran mostrar una analogía entre el comportamiento de las soluciones diluidas y el de los gases, que llega a recoger el concepto de iones libres que Svante August Arrhenius (1859-1927) había propuesto en sus trabajos sobre disociación electrolítica. Y, por otra parte, Hermann Ludwig Ferdinand von Helmholtz (1881 – 1894) reconoce que es necesario comprender cuál es la naturaleza de la electricidad que interactúa con las sustancias y el mecanismo de acción (Helmholtz, 1881)   
• En el estudio de la electrodescomposición de sustancias, la electricidad empieza entendiéndose como la acción de una fuerza que se ejercía desde los electrodos hacia las sustancias. Esta idea es refutada en los trabajos de Faraday (1849), en éstos se considera como una acción que modifica la manera como diferentes partes de las sustancias actúan entre sí (afinidad química).   
Desde la conceptualización de Faraday nos vemos obligados a examinar si es posible suponer una posible estructura de las sustancias y la dinámica de esta estructura. Es así como estudiamos las ideas de ion en Faraday (1849) y Arrhenius (1903). Si los iones son partes de las sustancias que se descomponen en sus elementos, se pueden establecer las formas como se descomponen: los efectos de la descomposición por el paso de corriente (sustancias depositadas en uno de los electrodos, producción de gases, cambios de coloración en el electrolito, etc.) llevan a preguntas como: ¿las velocidades de transporte o de migración de los iones hasta los electrodos, donde se depositan como sus sustancias elementales o como nuevos compuestos, depende de la clase de sustancias?, ¿depende de la distancia entre los electrodos?, o ¿depende de la concentración de las sustancias en las soluciones?  
Cuando estudiamos la manera como ha sido abordada la conductividad de las sustancias en soluciones, encontramos una segunda parte en la constitución de la electroquímica (y de otros campos de fenómenos), relacionada con la necesidad de construir una idea de estructura de sustancias. Para explicar la conductividad en soluciones, Van’t Hoff configura una analogía entre lo que podría ocurrir al interior de los electrolitos con el comportamiento de los gases ideales: la presión de los gases varía con la temperatura, de la misma manera que la presión osmótica de las sustancias diluidas varía con la temperatura. La analogía la construye sobre la base del movimiento libre de las partículas o corpúsculos de los cuales están conformadas las soluciones diluidas y los gases encerrados (Ostwald, 1912).  
En este asunto hemos también recogido el trabajo de Julius Plücker (1858) y Johann Wilhelm Hittorf (1853), en los cuales se establece que tanto los electrolitos como los gases sufren una polarización cuando se someten al efecto de la electricidad, lo cual puede ser sostenido porque la acción se puede establecer en una dirección y favorece acciones contiguas entre las partes que explican la conducción de la electricidad.   
Hacer este balance nos ha ayudado a comprender que las ideas de estructura de la materia han aparecido como una necesidad explicativa de comprender los efectos generados por el paso de electricidad en sustancias diluidas o en gases. En este proceso a lo largo del trabajo de varios científicos se han tejido diferentes ideas y producido teorías alternativas asociadas al comportamiento discreto de la materia, que no necesariamente están en relación inmediata y simple con la experiencia que tenemos con estos efectos.  
Por una parte, hemos encontrado un gran potencial en la comprensión de estas fenomenologías que:   
1. Enriquecen la comprensión de los objetos de estudio de las diferentes disciplinas científicas, ya que se muestra que los problemas científicos exhiben múltiples caminos de desarrollo, mientras que en la enseñanza de las ciencias parece que escogemos enseñar una sola y única manera de entender las teorías científicas   
2. Se explicita el hecho que las ciencias no son cúmulos de teorías terminadas, sino que principalmente las dificultades, las contradicciones y las diferentes perspectivas han obligado de vez en vez a hacer balances que establezcan de nuevo las soluciones alcanzadas, las preguntas vigentes y las contradicciones lógicas entre distintos puntos de vista, este asunto lo pretendemos involucrar en nuestras propuestas de enseñanza  
3. El privilegio que en este momento hacemos de la naturaleza de la electricidad, al igual que de la materia y de la luz como corpúsculos en acción, deja por fuera o tergiversa los planteamientos energetistas que también ofrecen interesantes desarrollos en la ciencia del siglo XIX y XX, al menos en relación con los fenómenos físicos y químicos. Asuntos que pretendemos incorporar a nuestras reflexiones epistemológicas de manera crítica y desarrollar de ello implicaciones para la enseñanza de las ciencias.  
Por otra parte, reconocemos que estos avances permiten poner en cuestión el privilegio que se da en los materiales de divulgación de la ciencia y en algunos procesos de enseñanza a los productos de esta actividad de elaboración de fenomenologías (Erduran y Dagher, 2014, p.67), como definir a priori una imagen de la estructura microscópica de la materia desde la cual se deben explicar ciertos efectos macroscópicos.   
La presentación de iones, moléculas, electrones y cargas, como pequeños cuerpos que generan fuerzas de atracción (o repulsión) entre sí, que se mueven de manera libre o no al interior de una sustancia (en cualquier fase), si bien permite hacerse una imagen cercana a la experiencia de interacción entre cuerpos, no necesariamente da sentido a los fenómenos de transformación de la sustancia, disolución o conductividad. En estos casos, como señala Bachelard (1948), la razón queda ausente de la organización conceptual; pues los conceptos quedan desconectados de las experiencias que los sujetos pueden elaborar sobre el mundo.   
Esta dificultad si bien no la encontramos en el estudio histórico-crítico de constitución de la electroquímica, que hemos realizado y presentado brevemente en párrafos anteriores, si nos lleva a preguntarnos: ¿cuáles son los elementos de análisis epistemológico que, desde una perspectiva fenomenológica, hacen posible comprender y argumentar una representación de estructura de la materia?

**b. OBJETIVO GENERAL DEL PROYECTO:** Nos proponemos fortalecer los elementos de orden epistemológico que hacen posible una perspectiva fenomenológica para comprender la estructura de la materia. A la vez construir rutas alternativas para la enseñanza de las ciencias que se están dejando de lado cuando se asumen como puntos de partida los corpúsculos de materia, de luz o de electricidad. Por tanto, nuestro objetivo de investigación es:  
• Formular criterios epistemológicos que permitan comprender una representación de estructura de la materia desde una perspectiva fenomenológica y a partir de esto construir una posible ruta de enseñanza de las ciencias.

**c. OBJETIVOS ESPECÍFICOS:** Proponga las finalidades delimitadas que se articulan a la perspectiva planteada en el objetivo general y que son la base para la programación de actividades. Deben ser evaluables y ponderables en términos cualitativos o cuantitativos. Se pueden incluir tantos objetivos específicos como sea necesario.

**d. METAS*:*** Proyecte los resultados específicos derivados de los aspectos relevantes de los objetivos específicos. Deben ser factibles, realizables y medibles. Son la traducción operativa de cada objetivo; por lo tanto deben ser monitoreables. A cada objetivo específico corresponde como mínimo una meta.

|  |  |
| --- | --- |
| **OBJETIVO** | **META** |
| Objetivo específico 1: 1. Diseñar y ejecutar el estudio histórico epistemológico que aporte a la perspectiva fenomenológica del grupo de investigación. | Meta 1: Establecer una síntesis histórica de las diferentes rutas que se desarrollaron durante el siglo XIX y que dieron origen a los conceptos de ión y electrón. |
| Meta 2: Analizar los argumentos que atraviesan los desarrollos históricos científicos en relación con las diferentes concepciones de electricidad y de electricidad – materia. |
| Meta 3: Fundamentar los elementos epistemológicos que se identifican en los trabajos de los científicos al momento de establecer representaciones sobre la constitución de la materia en el campo de la electroquímica. |
| Objetivo específico 2: 2. Plantear criterios que orienten la elaboración de propuestas de enseñanza del campo de la electroquímica y que pongan en discusión la representación de la constitución de la materia coherente con una perspectiva fenomenológica. | Meta 1: Diseñar un curso dirigido a profesores en formación centrado en el análisis epistemológico de las representaciones involucradas en la explicación de los fenómenos electroquímicos. |

(Puntaje máximo en la evaluación 20 puntos de 100)

***MÓDULO III***

**MARCO TEÓRICO Y BIBLIOGRAFÍA**

**Marco teórico:** La importancia de las reflexiones históricas y epistemológicas para la configuración de implicaciones para la enseñanza de las ciencias   
  
Autores consultados como Matthews (1994), Chang (2011), Kelly & Licona (2018), Mach (1890), entre otros, que trabajan en las relaciones entre historia, epistemología, filosofía y educación en ciencias reconocen, por una parte, que los análisis históricos aportan a comprender la estructura y las practicas experimentales, teóricas y metodológicas de las ciencias. Por otra parte, las perspectivas de historia y de educación en ciencias están en relación de dependencia con las concepciones de estructura y dinámica de la ciencia, es decir con las perspectivas filosóficas y epistemológicas asociadas.   
Reconocemos que los estudios históricos tienen un carácter crítico, dialéctico y analítico; esto es, la historia, como cualquier actividad humana, depende en gran medida del sujeto que hace esta actividad, es decir del historiador, o en nuestro caso, del profesor de ciencias. En nuestro grupo de trabajo nos referimos a esta forma de relación con la historia como una de las características de los estudios histórico-críticos (Sandoval, et al., 2018a).  
Desde esta perspectiva, estos estudios aportan a la comprensión e interpretación de las ideas que llevaron a la producción de las teorías científicas y a tener criterios para actuar en el aula, por ello, en nuestras investigaciones incluimos el estudio de los textos de los científicos como fuentes primarias. Nuestro propósito con estos estudios es derivar implicaciones epistemológicas o cognitivas para trabajar ciertos dominios fenomenológicos en el ámbito de la enseñanza de las ciencias.   
Esta recurrencia a los textos de los científicos, la hemos identificado como una necesidad dentro de los estudios histórico – críticos. La perspectiva crítica de estos estudios implica establecer un diálogo con los autores de estas fuentes, en el que se produce una estructuración particular de la clase de fenómenos abordados y una actualización de las problemáticas tratadas (Ayala, 2006), de modo que de las comprensiones y preguntas respecto a la temática se logren derivar criterios y acciones dirigidos a la enseñanza de las ciencias.  
En el campo de la filosofía también se ha acudido a los estudios historico-críticos como una perspectiva de trabajo. En este contexto, Silvana Filippi (2021) plantea que no habría filosofía sin historia de la filosofía, podríamos parafrasear diciendo que no se pueden plantear los problemas de enseñanza de la ciencia sin historia de la ciencia. Así plantea Filippi (2021) que podemos pensar la historia del pensamiento occidental como un continuo retomar, repensar y recrear ciertos modos fundamentales de interpretar el mundo y puesto que esas diversas maneras de interpretar los fenómenos de estudio “no acaban de perder vigencia y se transforman continuamente conservando de lo precedente y modificándolo al mismo tiempo,” (p. 8) resulta bastante improbable hallar un científico que no deba hacer referencia a las directrices del pasado o que, al menos, no deba presuponerlas.  
Este papel extremadamente central de la historia de las ideas científicas, es el que nos ha llevado a plantear los estudios histórico – críticos como el eje articulador de nuestro trabajo e investigaciones. Esta forma de proceder requiere la búsqueda y estudio de fuentes primarias y de instrumentos metodológicos como la paleografía, la grafología, la estilometría, la ecdótica y la filología, entre otras (Filippi, 2021, p. 9), pero esto no es lo central, ni es suficiente, para realizar un estudio histórico-crítico. El carácter histórico requiere en forma obligatoria prestar atención a los procesos diacrónicos, en el sentido de lo que algunos han llamado la transmisión del saber, esto es, la determinación de los procesos de recepción e influencia de ciertas doctrinas en otras posteriores respecto de las cuales constituirán sus fuentes y como dice Fillipi: “A este respecto, el conocimiento del “estado de la cuestión” que propició la formulación de una determinada doctrina resulta tan importante como el seguimiento de sus efectos posteriores” (2021, p. 10).  
Como lo sintetiza Filippi (2021):   
"Tenemos así que el método histórico-crítico interviene, junto con otros métodos e instrumentos de estudio, en la búsqueda y determinación de los textos, pero también en la investigación de su génesis. A estos elementos relativos a los documentos filosóficos [científicos], que podríamos calificar de internos, dado que refieren a su contenido, desde luego se agrega la indagación respecto de las circunstancias “externas” bajo las cuales se formularon las doctrinas filosóficas [teorías científicas]. Nos referimos a la situación histórica en la que tales doctrinas surgieron, que incluye circunstancias institucionales, políticas, culturales, religiosas o económicas, como también a acontecimientos relativos a la vida del pensador en cuestión. No de otro modo puede comprenderse el sentido de algunas obras que fueron compuestas bajo la impronta de algún hecho de la historia de la humanidad o de la historia personal de sus respectivos autores.” (p. 10)  
Sin embargo, tampoco sería muy útil sólo dar cuenta de aspectos internos; es necesario separar lo propiamente interno de aquellos elementos que van más allá de una época particular, y que permiten el diálogo con aquellas teorías formuladas en un pasado para producir comprensiones y recontextualizaciones en el ámbito propio del profesor de ciencias. Así pues, los estudios histórico – críticos no se reducen a una historiografía, sino que más bien, hacen comprensible   
"las doctrinas, tal y como han sido elaboradas bajo particulares condiciones contextuales y, no obstante, [nos permite reconocer], a la vez, aquellas nociones y tesis que transcienden su tiempo y que, en el fondo, son las que últimamente interesan al filósofo [científico] como tal. (Filippi, 2011, p. 12)  
Nos permite tener una interpretación más rigurosa de los textos y abordar asuntos filosóficos que harían una mayor comprensión de los fenómenos o teorías que se discuten (Dion, 2018, pág. 368). De esta manera, acudir a las fuentes primarias, permite privilegiar cómo reconocer los fenómenos que fueron estudiados por los autores, las características que le atribuyeron; y, desde esto, responder a las inquietudes que tenemos sobre los fenómenos. Es decir, no se intenta responder a una réplica histórica de los estudios realizados (ni de los experimentos) sino responder a las necesidades explicativas de quién acude a la historia de la ciencia.  
"La identificación de fenómenos (…) depende de nuestros propios intereses y antecedentes conceptuales; esto implica que la replicación física es una actividad inevitablemente centrada en el presente (…)” (Chang, 2011, pág 320)   
Este último aspecto, nos ofrece la opción de identificar, entender y sacar elementos para hacer propuestas en la enseñanza de las ciencias. En esta reconstrucción racional de las ideas que “trascienden su tiempo”, el análisis histórico – crítico juega un rol que no puede ser desconocido y que hace que el profesor de ciencias no pueda ser ajeno a la ciencia que enseña.   
Este nos permite mostrar cómo nuestro interés por comprender los problemas relacionados con los fenómenos químicos en interacción con los fenómenos eléctricos orienta el análisis que realizamos de algunos trabajos que dieron origen a la electroquímica. Esta actividad ha representado para nosotros problemas de análisis y comprensión de estos dominios de fenómenos, así como destacar que algunos esquemas teóricos juegan un papel unificador de fenómenos, en este caso la idea de ion, que no sólo es común tanto al campo de las teorías físicas o químicas, sino que también es producto del trabajo de la comprensión y explicación de los procesos electroquímicos.   
De aquí que los análisis histórico-críticos contribuyan a tener criterios histórico epistemológicos para comprender la manera como se hizo el tránsito del estudio de efectos vinculados al dominio de la electroquímica a la constitución de las ideas de constitución de la materia.  
  
  
Las posibilidades y dificultades de la perspectiva mecánica en la comprensión de la fenomenología asociada a la electroquímica  
  
En nuestro estudio desde el surgimiento de los conceptos de ion o iones libres hacia la asociación de los electrolitos con cargas eléctricas y los corpúsculos de electricidad de Thomson, se reconoce una idea de discontinuidad en el comportamiento de la materia, en controversia con las ideas de acciones contiguas que promovieron Hertz entre otros.  
La relación entre la idea de carga y ión puede establecerse desde distintas rutas que hacen énfasis en:   
1. Los efectos que se delimitan y miden macroscópicamente: Se puede decidir la dirección de la corriente, porque se encuentra en la electrodescomposición una sustancia X, que se va a acumular en uno de los electrodos y la otra parte de la sustancia se acumula en el otro electrodo. Si cambia la polaridad del circuito se invierte la acumulación de las sustancias.   
Hay una relación muy fuerte entre el tipo de electrodo y las sustancias, lo que se puede asociar a la polaridad de las partes de la materia que se están descomponiendo, esto es pueden reconocerse como acciones contiguas en un medio polarizado.   
2. En los trabajos de Vant Hoff y Arrenhius se organizan las sustancias de acuerdo con la variación de la conductividad eléctrica y se identifican números de corrección 1, 2 y 3 de las medidas de disminución de los puntos de congelación de las soluciones. En las soluciones de sustancias conductoras, las temperaturas de congelación disminuyen 1, 2 o 3 veces más en relación con los cálculos establecidos por las reglas ya estudiadas y entonces, para explicar esta corrección se vincula el número de corrección a las partes activas de los electrolitos. Esto hace pensar que en las soluciones conductoras hay más partes o corpúsculos libres que en las soluciones no conductoras, luego las ideas de las partes libres (iones libres) justifican estos números de corrección.  
3. Cuando se estudia la conductividad en gases, y se trata de explicar lo que se observa en un tubo de rayos catódicos, se hace necesario atenuar la concentración del gas, de lo contrario si la concentración y la presión de vapor es alta no hay conducción. En un principio se establece un vínculo entre la conducción y la clase de sustancia, así como entre la conducción y la estructura de la materia.  
Las rutas descritas mantienen una tensión entre las explicaciones corpusculares como las energetistas, de gran valor para la ciencia. Pero en general, en los contextos de enseñanza, se considera que algo ha sido bien explicado cuando esta explicación se puede dar en términos “familiares” de partículas que tienen las propiedades mecánicas de los cuerpos macroscópicos. Esto es muy evidente en las formas que se abordan cuando se quieren explicar fenómenos que caen dentro de la química y algunos campos de la física.  
Sin embargo, hay una brecha entre asumir esta hipótesis mecánico corpuscular y las prácticas experimentales, donde estas últimas se hacen sin tener en cuenta esta forma de pensar y representar. Como afirma Severgnini (2007) “cuando se quiere esclarecer el vínculo entre representación mecánica y práctica experimental, la práctica misma aparece ya como formando parte de la representación mecánica” (p. 117)  
Así las hipótesis corpuscularistas son asumidas, no sólo en el sentido de una teoría de la estructura de la materia y sus cualidades, sino también en el sentido de una ontología. Esto lleva a que la pretensión del corpuscularista de reducir toda cualidad y todo fenómeno en general a las cualidades primarias de los corpúsculos sea ya problemática a la hora de enfrentar esta hipótesis a ciertos fenómenos de difícil explicación mecánica como por ejemplo los electromagnéticos o los químicos.  
Así si se asume el mecanicismo en sentido estricto se hacen evidentes los límites que se deben superar para hacer viable esta hipótesis, siendo este un problema presente en la enseñanza de las ciencias, dado que los sujetos suelen asumir los corpúsculos con existencia real. En palabras de Severgnini (2007) podemos enumerar algunas de las dificultades que es necesario afrontar cuando se asumen estas visiones ontológicas problemáticas:   
- “La transducción, como legitimidad de la extensión de lo macroscópico a lo microscópico.  
- El problema de la legitimidad explicativa de las modelizaciones macroscópicas de cualidades microscópicas.  
- La utilización explicativa de conceptos no mecánicos, emergentes de la práctica experimental o establecidos experimentalmente como “cuestiones de hecho”   
- La imposibilidad temporal o permanente de reducir estas nociones experimentales a los tamaños, forma, movimiento y reposo de cuerpos invisibles.  
- El divorcio, planteado por algunos, entre representación mecánica y concepción química, como distinción entre ciencia física y química.” (Las viñetas son nuestras. Severgnini, 2007, pp 119-120)  
Estas limitaciones y otras no son tenidas en cuenta cuando, por ejemplo, se trabaja y argumenta en el aula. Se asume lo corpuscular como ya se dijo no como una hipótesis que se debe argumentar y construir, sino como una ontología de la que se debe dar cuenta en las explicaciones de cualquier fenómeno.  
Es por esto que se considera de gran valor educativo y pedagógico hacer reflexiones y propuestas de enseñanza donde considerar estos aspectos es muy importante..

**Estado del arte** Dificultades de la mirada corpuscular de la materia en la enseñanza de las ciencias  
  
En el campo de la investigación sobre las dificultades que tienen tanto estudiantes como profesores en los procesos de aprendizaje y enseñanza de las ciencias naturales, particularmente cuando se abordan fenómenos químicos y eléctricos, se han identificado de forma recurrente dificultades como: “concepción continua y estática de la materia, se ve representada como un todo indiferenciado, (…) atribución de propiedades macroscópicas a átomos y moléculas” (Pozo & Gómez, 1998, p.153)   
Según Pozo & Gómez (1998) la comprensión en las ciencias implica asumir cambios epistemológicos, ontológicos y conceptuales en las teorías que orientan la concepción sobre el mundo. Los primeros cambios implican particularmente incidir en la lógica con la que se asumen las teorías; pasar de una “visión del mundo centrada en aspectos perceptivos” (realismo ingenuo) a la “interpretación de la realidad a partir de modelos (…) construcciones abstractas que ayudan a interpretar la naturaleza de la materia y sus propiedades (…) que cobran sentido dentro de una teoría” (Pozo & Gómez, 1998, p.153). El cambio en la naturaleza de los objetos que se admiten en una teoría daría paso del reconocimiento de estados y propiedades de la materia, el reconocimiento de procesos que explican los cambios en los estados y la admisión de la materia interpretada como relaciones entre elementos de un sistema. Y los cambios conceptuales centrados en el paso de: consideraciones macroscópicas de la materia a considerarla como un sistema de partículas en interacción; la descripción de cambios visibles a la interpretación de propiedades no observables que se conservan y se equilibran; una interpretación cualitativa de fenómenos a la integración de esquemas de cuantificación en coherencia con modelos teóricos (Pozo & Gómez, 1998, p.155)  
Si nos ubicamos en esta perspectiva, podríamos decir que el hecho que se acuda a las palabras ion, átomo, electrón, molécula, etc., o se crea en la posibilidad de “un mundo discontinuo oculto en el mundo continuo”, no implican necesariamente que se haga una distinción entre las consideraciones realistas de la constitución de la materia y el carácter constructivo y conceptual que está implicado en las representaciones a las que se acuden en el campo de las ciencias naturales para explicar el mundo (Pozo & Gómez, 1998, p.157). O como suponemos nosotros, no es intuitiva la coherencia entre una mirada sobre los efectos observables y un modelo del comportamiento de la materia centrado en partículas cargadas en movimiento.  
La representación del carácter discontinuo de la materia resulta ser un aspecto problemático frente a las dificultades de comprensión y de coherencia de este carácter con el continuo. Pues es desde la percepción que se tienen indicios para elaborar una representación, pero no se corresponden para hacer una representación de la estructura de la materia “si las imágenes que los alumnos perciben del mundo no son suficientes para comprender la estructura de la materia, la enseñanza no logra proporcionarles sistemas de representación alternativos que les permita comprender su naturaleza” (Pozo & Gómez, 1998, p.157). Para estos autores, esta dificultad implica que los modelos teóricos sean asumidos más por la autoridad de quien brinda la información que por la posibilidad de explicación que brinda a los estudiantes (incluso para el profesor), así se acepta sin cuestión “la «existencia» de partículas que no pueden verse, pasan a tener las propiedades que la materia tiene en el mundo macroscópico” (Pozo & Gómez, 1998, p.157).  
De aquí la necesidad de que, en los espacios de formación de profesores de ciencias, la discusión sobre esta problemática sea abordada; particularmente desde casos de estudio específicos como en la electroquímica, donde se da sentido a las ideas de ion, cargas en movimiento, electrón, entre otros, no sólo como una representación pictórica sino como parte de la formalización teórica de este campo. Aquí los estudios histórico críticos cobran sentido, puesto que los científicos que en primer momento plantearon estas ideas para dar respuestas a sus interrogantes sobre la organización de ciertos efectos sobre la transformación de las sustancias por el paso de la electricidad respondieron al problema del sentido de la representación corpuscular, por ejemplo, y las relaciones de equivalencia entre cantidad de sustancia transformada y cantidad de electricidad involucrada en un intervalo de tiempo.  
  
  
Actividad experimental y construcción de conceptos asociados a los fenómenos.  
  
La actividad experimental en el contexto de la enseñanza de las ciencias ha ocupado un lugar importante en el plan de estudios en diferentes niveles educativos y se ha definido como “experiencias de aprendizaje en las que los estudiantes interactúan con materiales o con fuentes secundarias de datos para observar y comprender el mundo natural” (Lunetta, Hofstein & Clough, 2010, p. 394). Esto ha implicado que esta actividad se vincule curricularmente a los diferentes enfoques sobre la enseñanza y el aprendizaje de la ciencia, por ejemplo, contemplándola como una forma de ilustrar el contenido presentado en la clase o como una manera de involucrar a los estudiantes en ejercicios de “investigación” escolar, ya sea para que se practique “el camino del científico” o para tener conocimiento de la naturaleza de la ciencia ( Lunetta, Hofstein & Clough, 2010, p. 395). Pero a pesar de estas intenciones, la investigación educativa reporta que estas estrategias limitan a los estudiantes para explorar y dar sentido a los fenómenos (Duit, Niedderer & Schcker, 2010, p.602; Lunetta, Hofstein & Clough, 2010, p. 396).   
Como ha señalado Matthews (1994) dar sentido a la ciencia implica que los sujetos hagan esfuerzos conscientes para evitar suposiciones convencionales como que el conocimiento científico proviene simplemente de la observación de los fenómenos naturales, o que los modelos teóricos que representan esos fenómenos son objetos reales, por ejemplo: los conceptos de ion, molécula y átomo (De Jong & Taber, 2010, p. 634). Esto implica que la actividad experimental en la enseñanza pase por la comprensión que tienen el profesor de los supuestos epistemológicos, ontológicos y conceptuales (Pozo & Gómez, 1998) que subyacen al conocimiento científico. Como señalan Lunetta, Hofstein & Clough (2010) y Duit, Niedderer & Schcker (2010), estos asuntos no han sido ampliamente estudiados dentro del campo de la investigación educativa y merecen un estudio profundo y sistemático.   
Investigaciones sobre la enseñanza de conceptos químicos, como la realizada por De Jong & Taber (2010), señalan la necesidad de avanzar en propuestas que permitan escapar del dilema si conceptos como molécula y átomos deben ser introducidos de manera previa o posterior a un abordaje macroscópico del cambio químico en las sustancias. Si bien se reportan propuestas de enseñanza centrada en una u otra perspectiva, también se encuentran dificultades en la comprensión tanto de estudiantes y profesores sobre el sentido que tienen estos conceptos en las explicaciones de ciertas transformaciones de las sustancias. (De Jong & Taber, 2010)  
Este campo de indagación, aún hoy, requiere que sea considerado y que se avance en la consolidación de perspectivas de enseñanza de las ciencias, que más allá de proponer un orden entre lo macro y lo microscópico en el abordaje del contenido curricular, o una discusión de la relación entre experimento y teoría, es necesario identificar criterios que permitieron la coherencia entre las observaciones de los efectos y los conceptos o modelos explicativos, para así orientar la comprensión del maestro sobre estos aspectos.  
  
  
Análisis históricos de la controversia sobre la naturaleza de la electricidad  
  
El valor de la actividad experimental en la ciencia se ha destacado en los trabajos de científicos que hemos estudiado en el campo de la relación de entre electricidad – materia. En estas indagaciones en varios trabajos se ha encontrado alusiones a la necesidad de esclarecer la naturaleza de la relación mencionada, de lo que le sucede a las sustancias cuando son descompuestas por el paso de la electricidad (Faraday, 1849), de la naturaleza de la electricidad (Helmholtz, 1881) o de la naturaleza de los efectos provocados por el paso de la electricidad a través de tubos con gases encerrados a bajas presiones (Thomson, 1906)   
En el trabajo de Erwin N. Hiebert (1995) se hace un análisis histórico que ha resultado importante para comprender algunos puntos en relación con las controversias sobre la naturaleza de la electricidad de finales del siglo XIX.   
Aquí se señala cómo se argumenta que los rayos que se observan en los tubos de descarga son electricidad. Estas descargas se habían registrado desde el siglo XVII en las bombas de aire y en las máquinas eléctricas estáticas, pero no se abordan explicaciones de la naturaleza de estas descargas, a lo sumo se afirma que es un fluido eléctrico, similar al fluido de calor o de luz. Sin embargo, las descargas producidas en los rayos catódicos o tubos de descarga de gases atenuados encerrados se vinculan, igual que en las electrolisis, a la descomposición de los gases, una de las razones por las cuales se puede empezar a pensar que la electricidad se conduce de la misma manera que en los electrolitos.   
Desde que Faraday hacia los años de 1830 retomó las indagaciones sobre las descargas en gases encerrados atenuados, y las compartió con las investigaciones que desarrollaron Hittorf (1864) y Plucker (1858), dejaron de ser meras curiosidades que se mostraban a los asistentes a espectáculos y se retomaron los procesos de caracterización de las descargas y de las condiciones de estudio, de indagación sobre sus vínculos entre la electricidad y la clase de gases. Erwin Hiebert (1995) hace un recorrido que pone en contexto y le otorga la justa importancia a profundizar en las controversias sobre la naturaleza de estas descargas.   
Los tres aspectos que se recogen en estos antecedentes, las privilegio a la mirada corpuscular predominante en los contextos de enseñanza, el vinculo con la actividad experimental y los desarrollos históricos en este campo, han sido claves para el planteamiento del problema que hemos presentado y que se vincula al acervo investigativo del grupo.  
  
  
Desarrollo investigativo generado por el Grupo  
  
Como hemos descrito en el acápite de antecedentes, la línea de investigación “la enseñanza de las ciencias desde una perspectiva fenomenológica” se ha fortalecido con el desarrollo de varios procesos de investigación centrado en la consolidación del dominio de la electroquímica. En estos hemos destacado que la relación de equivalencia entre el campo fenomenológico de lo eléctrico y el campo de fenómenos de descomposición de sustancias fue fundamental una orquestación de acciones experimentales que pusieran en evidencia efectos no estudiados, particularmente sobre la descomposición de sustancias y los efectos de tensión y corriente eléctrica que simultáneamente se estudiaron (Malagón, et al.; 2018; Sandoval, et al., 2020; Garzón, et al., 2020). Es en estos estudios que la equivalencia entre lo químico y lo eléctrico es que emerge la idea de ion como elemento de la estructuración teórica de la electroquímica.   
En las últimas investigaciones hemos señalado que, en este proceso de teorización, la idea de ión se impone no solo por su relación coherente con los hechos experimentales, sino que se relaciona lógicamente con varios esquemas teóricos. Ión, disociación iónica o peso electroequivalente es, ante todo una expresión simbólica teórica en la que se condensa o sintetiza el trabajo que sobre las diferentes variables se ha hecho.   
Hemos establecido que cuando Faraday expone sus ideas de ion para comprender los procesos de electrodescomposición, relaciona estos procesos con las fuerzas internas de afinidad química y no de fuerzas acción a distancia entre los polos y las partículas de las sustancias o electrolitos. Pero además establece una relación de proporcionalidad cuando, de manera general expresa que, para una cantidad constante de electricidad, cualquiera pudiera ser el conductor en descomposición, la cantidad de acción electroquímica es también una cantidad constante, es decir, será siempre equivalente a un efecto químico patrón basado en la afinidad química común. (Faraday, 1849, p. 145 Serie V)  
Además, en los trabajos de Hittorf o Kohlraush también se puede establecer una actividad de producción de teorizaciones, que parte de las ideas iónicas ya organizadas desde los trabajos de Faraday. En los escritos elaborados por el grupo en el 2020 y 2021 hemos puesto de presente tanto las reflexiones del análisis de estos textos como los desarrollos experimentales que hemos logrado que pretendemos complementar y extender en el presente proyecto al comportamiento de las soluciones y de los gases encerrados.  
Citamos a continuación la producción del grupo en el ámbito del problema de investigación a abordar; ya en la sección de antecedentes se han nombrado algunas de las investigaciones que dan cuenta de la trayectoria del grupo y del estado del arte de las investigaciones que se vienen adelantando en este campo.   
   
Ayala Manrique, María Mercedes; Malagón Sánchez, José Francisco; Sandoval Osorio, Sandra; Garzón Barrios, Marina (2018) Constitución de un dominio fenomenológico para la enseñanza de las ciencias implicaciones desde el estudio del caso del fenómeno voltaico. Ens. Pesqui. Educ. Ciênc. (Belo Horizonte) v. 20.  
Ayala Manrique, María Mercedes; Malagón Sánchez, José Francisco; Sandoval Osorio, Sandra (2014) El lenguaje y la construcción de fenomenologías: el caso del efecto Volta. Revista Brasileira de História da Ciência, Rio de Janeiro, v. 7, n. 2, p. 203-213, jul | dez 2014  
Ayala Manrique, María Mercedes; Malagón Sánchez, José Francisco; Sandoval Osorio, Sandra (2011) Magnitudes, Medición y Fenomenologías- Revista De Enseñanza De La Física de Argentina, vol:24 fasc.: 1 págs.: 43 - 54   
Ayala Manrique, Maria Mercedes; Malagón Sánchez, José Francisco; Garzón Barrios, Marina (2007) Consideraciones sobre la formalización y matematización de los fenómenos físicos. Revista Praxis Filosófica vol:25 págs.: 39 –54.  
Garzón Barrios, Marina; Tarazona Vargas, Liliana; Sandoval Osorio, Sandra; Malagón Sánchez, José Francisco; Ayala Manrique, María Mercedes (2020) El efecto Volta. Un caso de estudio sobre la producción de efectos sensibles y los procesos de teorización en ciencias. Revista Ensaio Pesquisa Em Educação Em Ciencias. v. 22. p. 1 – 22.   
Malagón Sánchez, José Francisco; Sandoval Osorio, Sandra; Ayala Manrique, María Mercedes; Garzón Barrios, Marina; Tarazona Vargas, Liliana (2018) Consolidación de una síntesis fenomenológica: El caso de estudio sobre la electricidad voltaica. En Cultura Científica y Cultura Tecnológica, Ediciones de la Universidad de Salamanca. p.201 – 209.  
Malagón Sánchez, José Francisco (2014) Teoría y experimento, una relación dinámica: implicaciones en la enseñanza de la física. Física y cultura: Cuadernos sobre Historia y Enseñanza de las ciencias No. 8 págs.: 95 - 104   
Sandoval, S.; Malagón, J.; Garzón, M.; Tarazona, L. (2022) La electricidad transforma sustancias. El dominio fenomenológico de la electroquímica. Universidad Pedagógica Nacional, Bogotá, D.C.   
Sandoval Osorio, Sandra; Malagón Sánchez, José Francisco; Garzón Barrios, Marina; Tarazona Vargas, Liliana (2020) La Electroquímica: Un nuevo ámbito de fenómenos, la experiencia que se construye y la síntesis teórica que se pone en juego. História da ciencia e Ensino. V.23. p. 3 – 31  
Sandoval Osorio, Sandra; Malagón Sánchez, José Francisco; Garzón Barrios, Marina; Ayala Manrique, María Mercedes; Tarazona Vargas, Liliana (2018) Una perspectiva fenomenológica para la enseñanza de las ciencias. Fondo Editorial Universidad Pedagógica Nacional.  
Sandoval Osorio, Sandra; Malagón Sánchez, José Francisco; Ayala Manrique, María Mercedes (2013) La actividad experimental: Construcción de fenomenologías y procesos de formalización. Revista Praxis Filosófica vol:36 págs.: 119 - 138.

**Bibliografía:** Referencias bibliográficas  
  
Arrhenius, S. (1903). Development of the theory of electrolytic dissociation. Proceedings of the Royal Institution, 46-58. Londres.  
Arrhenius, S. (1912) Theories of solutions. New Haven: Yale University Press London: Henet Frowde Oxford University Press.   
Ayala, M.; Malagón, F.; Sandoval, S. y Garzón, M. (2018) Constitución de un dominio fenomenológico para la enseñanza de las ciencias. Implicaciones desde el estudio del caso del fenómeno voltaico. Ensaio • Pesquisa em Educação em Ciências. 2018; 20:e2957  
Bachelard, G. (1948) La formación del espíritu científico. Contribución a un psicoanálisis del conocimiento objetivo. Siglo XXI Editores. Buenos Aires, Argentina.  
Chang, H. (2011) How Historical Experiments Can Improve Scientific Knowledge and Science Education: The Cases of Boiling Water and Electrochemistry. Science and Education (2011) 20: 317-341 (DOI 10.1007/s11191-010-9301-8)  
Dion, S. (2018) The Status of the Lines of Force in Michael Faraday’s Thought: History and Philosophy of Science in the Classroom En: M. E. B. Prestes, C. C. Silva (eds.), Teaching Science with Context, Science: Philosophy, History and Education, Springer International Publishing AG (https://doi.org/10.1007/978-3-319-74036-2\_22) pp. 359 – 370  
De Jong, O. & Taber, K. (2010) Teaching and Learning the Many Faces of Chemistry. En: Abell, S. y Lederman, N. HandboOk of research on science education. Routledge Taylor & Francis Group, New York, Pp 631- 652)  
De la Rue, W. & Müller, H. (1877) Experimental research on the electric discharge with the chloride of silver battery. The royal society publishing, Proceedings of the Royal Society of London, Vol. 26 (1877), pp. 519-523.  
Duit, R.; Niedderer, H. & Schcker, H. (2010) Teaching Physics. En: Abell, S. y Lederman, N. Handbook of research on science education. Routledge Taylor & Francis Group, New York, Pp 599 – 630  
Erduran, S. & Dagher, Z. (2014) Reconceptualizing the Nature of Science for Science Education. Netherlands: Springer.  
Faraday, M. (1849). Experimental Research in Electricity (vol. 1). University of London.  
Garzón, M.; Tarazona, L.; Sandoval, S.; Malagón, J. & Ayala, M. (2020) El efecto Volta. Un caso de estudio sobre la producción de efectos sensibles y los procesos de teorización en ciencias. Revista Ensaio Pesquisa Em Educação Em Ciencias. v. 22. p. 1 – 22.  
Kelly, G. & Licona, P. (2018) Epistemic practices and science education. En: M.R. Matthews (ed.), History, Philosophy and Science Teaching, Science: Philosophy, History and Education. Springer pp 139 – 165  
Filippi, S. (2021) El método histórico-crítico en filosofía. Escritos 29, no. 62 (2021): 6 -16.  
Kohlrausch, F. (1876) On the conductivity of electrolytes dissolved in water in relation to the migration of their components. En: Goodwin; H. M (Editor y traductor) (1899) The fundamental laws of electrolytic conduction. New York – London: Harper & Brothers Publishers. Pp. 83 - 93  
Helmholtz, H. (1881) On the moderm development of Faraday’conception of electricity. Faraday Lecture Chemical Society. England, abril 05 1881.  
Hiebert, E. (1995) Electric discharge in rarefied gases: The dominion of experiment. Faraday. Plucker. Hittorf. En: A.J. Kox and D.M. Siegel (eds.), No Truth Except in the Details, pp 95-134. Kluwer Academic Publishers.  
Hertz, H. (1876) Miscellaneous Papers. with an introd. by Philipp Lenard. Authorised English translation by D.E. Jones and G.A. Schott.   
Hittorf, J. (1853) On the Migration of Ions during Electrolysis. En H. M. Goodwin (ed. y trad.), The fundamental laws of electrolytic conduction. Harper & Brothers Publishers, New York – London. Pp. 49-8  
Hittorf, J. y Plucker, J.(1864) On the Spectra of Ignited Gases and Vapours, with especial regard to the different Spectra of the same elementary gaseous substance. Philosophical Transactions. 28 (1865): 1-29.  
Lunetta, V.; Hofstein, A.; Clough, M. (2010) Learning and Teaching in the School Science Laboratory: An Analysis of Research, Theory, and Practice. En: Abell, S. y Lederman, N. Handbook of research on science education. Routledge Taylor & Francis Group, New York, pp 393-441  
Mach, E. (1890) About the psychological and logical moment in natural science teaching. En: M.R. Matthews (ed.) (2018), History, Philosophy and Science Teaching, Science: Philosophy, History and Education. Springer pp 195 - 202  
Malagón, J.; Sandoval, S.; Ayala, M.; Garzón, M. & Tarazona, L. (2018) Consolidación de una síntesis fenomenológica: El caso de estudio sobre la electricidad voltaica. En Cultura Científica y Cultura Tecnológica, Ediciones de la Universidad de Salamanca. p.201 – 209.  
Ostwald, W. (1912) L’evolution de l’électrochimie. Librairie Félix Alcan.  
Pozo, J. & Gómez, M. (1998) Aprender y enseñar ciencia. Del conocimiento cotidiano al conocimiento científico. Ediciones Morata, Madrid.  
Plücker, J. (1858) On the action of the magnet upon the electrical discharge in rarefied gases. Philosophical Magazine Series 4, 16:105, pp. 119-135   
Sandoval, S.; Malagón, J.; Garzón, M.; Ayala, M. & Tarazona, L. (2018a) Una perspectiva fenomenológica para la enseñanza de las ciencias. Universidad Pedagógica Nacional, Bogotá, D.C.  
Sandoval, S.; Malagón, J.; Garzón, M. & Tarazona, L. (2018b) Relaciones de equivalencia y construcción del campo fenomenológico: el caso de la electroquímica. Informe proyecto CIUP, Universidad Pedagógica Nacional, Bogotá.   
Sandoval, S.; Malagón, J.; Garzón, M. & Tarazona, L. (2020) La Electroquímica: Un nuevo ámbito de fenómenos, la experiencia que se construye y la síntesis teórica que se pone en juego. História da ciencia e Ensino. V.23. p. 3 – 31  
Sandoval, S.; Malagón, J.; Garzón, M.; Tarazona, L. (2022) La electricidad transforma sustancias. El dominio fenomenológico de la electroquímica. Universidad Pedagógica Nacional, Bogotá, D.C.  
Severgnini, H. (2007) Robert Boyle: mecanicismo y experimento. 1ª ed. Córdoba: Encuentro Grupo Editor, Argentina.   
Thomson, J.J. (1906) Carriers of negative electricity. Nobel Lecture, (December 11, 1906)  
Van´t Hoff, J. (1885) L'équilibre chimique dans les systèmes gazeux on dissous à l'état dilué. Haarlem, Netherlands: Les Héritiers Loosjes..

(Puntaje máximo en la evaluación 20 puntos de 100)

***MÓDULO IV***

**METODOLOGÍA**

Proceder metodológico en la investigación  
  
En este proyecto se hace una organización metodológica que implica abordar las problemáticas en diferentes fases de desarrollo:  
- Fase uno: Diseño y desarrollo del estudio histórico – crítico en la configuración de casos de estudio para la enseñanza de las ciencias  
- Fase dos: Formulación de las implicaciones para la enseñanza de las ciencias desde el análisis epistemológico vinculado al estudio histórico critico realizado  
La propuesta de investigación se enmarca en el enfoque de estudios histórico-críticos como proceder metodológico para aportar a la enseñanza de las ciencias a través de la indagación de textos de los científicos de épocas anteriores que versan sobre fenomenologías propias de las ciencias que son de nuestro interés. En relación con este tipo de enfoque, autores como Ernst Mach y Pierre Duhem han introducido estudios histórico-críticos como un eje articulador de sus investigaciones en ciencias, y afirman que:   
«la investigación histórica no sólo permite comprender mejor el estado actual de la ciencia, sino que al demostrar que ésta es en parte convencional y accidental, saca de allí nuevas posibilidades. Este punto de vista superior, al tomar diversos caminos, puede abrazar una mirada más libre del conjunto de la ciencia y reconocer rutas todavía no recorridas» (Duhem, 1996, pág. 449).  
En nuestro caso, los estudios histórico-críticos se realizan utilizando los textos de los científicos como fuentes primarias de documentación con el propósito de interpretar, a través del análisis, las ideas y problemáticas que llevaron a la producción de las teorías científicas. Sin embargo, es necesario aclarar que el estudio histórico que desarrollamos no pretende hacer historia de las ciencias, sino que nos permite tener fundamentos disciplinares mediante los cuales configuramos y respondemos a algunos de los cuestionamientos sobre los fenómenos de estudio que se tratan en el aula.   
Reconocemos que la ciencia no es un corpus conformado por una colección de productos -conceptos, teorías, procedimientos, etc. Por eso, consideramos que la perspectiva crítica, de reinterpretación y recontextualización de este tipo de estudios son una fuente indispensable para la actualización de las problemáticas desde las cuales es posible generar y potenciar procesos de enseñanza de las ciencias (Ayala, 2006). En otras palabras, los estudios históricos se realizan como un aporte a la ampliación de la comprensión de los fenómenos que se estudian en las ciencias y que como docentes nos proponemos a estudiar en las clases de ciencias. De ahí que nuestro interés por los estudios históricos sea con fines pedagógicos comprendiendo que el estudio de las fuentes primarias principalmente contribuye con la estructuración de los problemas científicos en los cuales estamos interesados.   
En tal sentido, en esta investigación se requiere una relación dialógica permanente con los documentos científicos que nos permita establecer cómo los procesos de conductividad electrolítica y la conductividad en gases se estructuraron teóricamente a través de las relaciones entre las nociones de ión, y cómo durante su estudio se configuró la idea de un comportamiento discreto de las sustancias. Esto nos ayudará a identificar y caracterizar los procesos de formalización que se establecen en los fenómenos de conductividad, para estructurar conceptualmente el dominio fenomenológico de los procesos electroquímicos y ampliar las relaciones entre: cantidad de sustancia, carga eléctrica, migración de iones y corriente eléctrica.   
Consideramos que el estudio de las afirmaciones, las representaciones, las disposiciones experimentales, el establecimiento de relaciones entre cantidades, y la construcción de aparatos alrededor de estas nociones en el campo de la química y de la física, permitirá hacer algunas consideraciones para establecer criterios y problemáticas e incidir en el ámbito de la enseñanza de las ciencias. Por tanto, el vínculo del problema con el ámbito educativo está en que nuestra apuesta por la enseñanza de las ciencias no se reduce únicamente a la producción de herramientas o procesos de enseñanza, sino a incluir la actividad de profundización disciplinar; esto es, estudiar los procesos experimentales y de formalización vinculados a los conceptos, magnitudes y modelos que dan cuenta de los fenómenos que se abordan en la enseñanza de las ciencias.  
Por otra parte, el estudio de las consideraciones epistemológicas que se pueden vincular al análisis de los casos históricos enriquece nuestros puntos de vista sobre la ciencia. Es así como es necesario distinguir las categorías y elementos distintivos de las formas de proceder y de la dinámica que se puede entender de orden metodológico y experimental.   
  
Para el desarrollo de esta investigación planteamos las siguientes fases de trabajo:  
  
- Fase uno: Diseño y desarrollo del estudio histórico – crítico en la configuración de casos de estudio para la enseñanza de las ciencias  
Requerimos hacer un balance de los estudios historico - críticos realizados sobre Michel Faraday (1849), Johann Wilhelm Hittorf (1853), Plucker (1858), Svante Arrhenius (1903; 1912), Hermann Ludwig Ferdinand von Helmholtz (1881), Jacobus Hendrikus Van Hoff (1885), De la Rue y Müller (1877), los cuales aportan a la comprensión de los procesos electrolíticos, de la conductividad en soluciones y en gases al interior de los tubos de descarga.   
En esta fase el análisis de fuentes primarias de científicos ya relacionados es la forma de proceder a resaltar. A la vez que se construyen los casos de estudio, identificamos las relaciones entre las concepciones de electricidad, las representaciones de la estructura de la materia, los aspectos experimentales asociados y las consideraciones epistemológicas que emergen.  
En esta fase integraremos los estudios históricos que han aportado a la comprensión de las problemáticas, el planteamiento de las preguntas y condiciones experimentales y técnicas asociadas a la producción de teorías fruto de un gran trabajo de estabilización de las fenomenologías interesantes para nosotros; con análisis de orden epistemológico que nos ayuden a establecer cuáles son las concepciones y modos de proceder que se ponen de manifiesto cuando se proponen las diferentes rutas o conceptualizaciones detalladas.  
Es así como pretendemos hacer una síntesis sistemática de las reflexiones epistemológicas destacadas que se han producido en anteriores investigaciones y que han imprimido a los análisis históricos presentados intenciones epistemológicas. Algunas de ellas se pueden mencionar en la constitución del campo de estudio de la electricidad a principios del siglo XIX en las cuales propusimos relaciones de unificación, reducción y de equivalencia. En otro momento la estabilización como actividad prioritaria en la constitución de dominios fenomenológicos. Ahora pretendemos dar cuenta de las diferencias entre las concepciones de electricidad como producto de las acciones contiguas a través de un conductor o como de naturaleza corpuscular como se privilegia cuando se habla de ion o electrón, para ello los anteriores análisis epistemológicos serán objeto de nuevo en las discusiones.   
Procederemos haciendo una síntesis de las principales fuentes en la constitución del dominio de la electroquímica en dos etapas: una, la de inicios de siglo XIX que tiene como principales exponentes a Davy, Berzelius y Faraday   
La segunda etapa es la de finales de siglo XIX con Faraday, Plucker, Hittorf así como Croockes y Thomson con quienes centraremos nuestra discusión en los mecanismos de conducción que defienden y que están acordes con una naturaleza de la interacción materia electricidad.   
  
  
- Fase dos: Formulación de las implicaciones para la enseñanza de las ciencias desde el análisis epistemológico vinculado al estudio histórico critico realizado  
Como se puede establecer, ya en la anterior investigación hemos arriesgado un análisis de los desarrollos históricos que terminaron privilegiando las miradas corpusculares – mecanicistas de la electricidad. Buscamos ahora poner en consonancia con la perspectiva fenomenológica para la enseñanza de las ciencias, las concepciones de electricidad y acudir a las controversias de finales de siglo XIX al respecto; razón por la cual en la primera fase de esta investigación hemos acudido a relacionar los estudios históricos con análisis de orden epistemológico.  
El balance que hemos procurado en la anterior fase se pone en relación con las concepciones de electricidad que se movilizan y que le dan sustento a lo que ahora reconocemos como ión o electrón. Estas concepciones y conceptualizaciones están ligadas a aspectos experimentales y metodológicos que tienen fuertes implicaciones en una mirada corpuscular o energética que se debaten en estos momentos de la construcción científica.  
Estos desarrollos tienen implicaciones para la enseñanza de las ciencias dado que nos dan elementos a los docentes para mostrar y organizar actividades y materiales que pongan en juego estas diferentes concepciones y que ayuden a procurar en el aula de clases una dinámica de construcción de las fenomenologías asociadas a la comprensión de los procesos electrolíticos, de la conductividad en soluciones y en gases al interior de los tubos de descarga; Y también una oportunidad para discutir las diferentes visiones del objeto de estudio construido en la ciencia y que ahora volvemos objeto de estudio en las clases de ciencias.  
Se han planteado actividades experimentales en las anteriores investigaciones, ahora estas tendrán que ser enriquecidas en dos aspectos: Nuevos aspectos experimentales que aporten a la construcción de estas fenomenologías como ya dijimos asociadas a las condiciones y leyes que rigen la descomposición de las sustancias por el paso de la electricidad, a la relación entre la conductividad en soluciones y la emergencia de los conceptos de iones libres y a la explicación de la conductividad en gases al interior de los tubos de descarga que nos demanda una mirada a la estructura de la materia.   
El segundo aspecto es que estas actividades de enseñanza podran ser vinculadas con análisis de orden disciplinar - epistemológico como ¿Cómo se conduce la electricidad? ¿Cómo actúa la electricidad en los electrolitos fuertes o en electrolitos débiles? ¿Cómo se descomponen las sustancias por el paso de la electricidad? ¿Cómo se relaciona con la polarización del medio? ¿Qué relación establecen con la afinidad? ¿Qué relación establecen con la ionización? ¿los gases se ionizan?.

(Puntaje máximo en la evaluación 20 puntos de 100)

***MÓDULO V***

**COMPROMISOS DE APROPIACIÓN SOCIAL DEL CONOCIMIENTO**

El grupo de investigación, de acuerdo con las especificaciones de los términos de referencia de la convocatoria, se compromete a desarrollar procesos de comunicación y divulgación de los avances de la investigación con otros grupos con los cuales mantenemos una red de intercambio académico.   
También consideramos posible e importante vincular nuestros desarrollos con la formación investigativa de los docentes en ejercicio que cursan los posgrados en ciencias y en química en la facultad de ciencia y tecnología, bien puede ser a través de un curso libre en las problemáticas abordadas o a través de la formulación de proyectos de trabajo de grado.  
La otra forma en la que aportamos a la formación en investigación de los estudiantes de los pregrados de la facultad de ciencia y tecnología es el vínculo de los auxiliares de investigación en donde se hace énfasis en la importancia de los estudios históricos, la actividad experimental y el ejercicio de síntesis que se logra a través de los ejercicios escriturales que les proponemos.   
Por último, hemos planeado presentarnos en eventos del campo de la filosofía de la ciencia donde podamos discutir con otros nuestros análisis históricos y epistemológicos con fines pedagógicos, presentar la recontexturalización que hacemos de nuestras comprensiones en nuestros contextos de formación docente y las herramientas de divulgación que hemos generado.   
Asi, acorde con los términos de la convocatoria de investigación, las acciones de divulgación, socialización, apropiación y formación mencionadas se recogerán en:   
a) Informe de avance e informe final en los tiempos y condiciones establecidas para la entrega de los mismos.  
b) Uno de los siguientes productos: libro, capítulo de libro, artículo en revista indexada. En cualquiera de los casos se recogerán los avances y resultados tanto del análisis histórico epistemológico como de las implicaciones y propuestas para la enseñanza de las ciencias desde una perspectiva fenomenológica.   
c) Constancia de participación en evento académico (nacional o internacional), para la socialización de los avances y resultados finales de la investigación.  
d) Diseño y aprobación de un curso libre dirigido a pregrado o posgrado de la facultad de ciencia y tecnología..

(Puntaje máximo en la evaluación 20 puntos de 100)

***MÓDULO VI***

**EJECUCIÓN DEL PROYECTO**

En este módulo se hace visible la coherencia entre objetivos, metas, cronograma (actividades y tiempo) y productos o resultados del proyecto. Se precisan las estrategias formativas que se promoverán como resultado del proyecto: como programas de formación (pregrado y postgrado), formación de monitores, entre otras. De igual manera, se establece la coherencia entre los rubros, los montos del proyecto y los desarrollos de los objetivos del mismo.

(Puntaje máximo en la evaluación 10 puntos de 100)

**A. CRONOGRAMA**

En este punto se debe apreciar la viabilidad de las acciones y procesos, la justa y real relación entre tiempos y acciones.

**Objetivos:** Transcribir los objetivos específicos definidos en el proyecto y en la identificación del tiempo necesario para llevarlos a cabo. Se debe diligenciar con X en los meses correspondientes al desarrollo de cada actividad

**Actividad:** Corresponde a la descripción secuencial de cada una de las acciones que realizará el grupo de investigación. Debe dar cuenta de las actividades prioritarias del proyecto en la vigencia que se programa y se deben asociar a cada uno de los objetivos específicos descritos en el proyecto.

**Responsable:** Es la persona del equipo de trabajo del proyecto a la cual se le asignan actividades puntuales en la ejecución y cumplimiento de los objetivos propuestos por el proyecto.

**FORMATO PARA ELABORACIÓN DEL CRONOGRAMA** (Solo si aplica: si el proyecto tiene una duración de más de 2 periodos académicos por favor elabore un cronograma por cada año, consulte términos de referencia)

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **CRONOGRAMA DEL PROYECTO** | | | | | |
| **Nombre actividad** | **Descripción actividad** | **Objetivo** | **Responsables** | **Fecha inicio** | **Fecha fin** |
| Actividad 1: Análisis de fuentes primarias | Selección y análisis de algunas fuentes documentales de los textos de los científicos del siglo XIX que estudiaron la interacción materia - electricidad en los fenómenos de descomposición electroquímica, conducción en soluciones y conducción en gases encerrados. | Objetivo específico 1: 1. Diseñar y ejecutar el estudio histórico epistemológico que aporte a la perspectiva fenomenológica del grupo de investigación. | Investigador principal - coinvestigador(es), | 2024-01-15 | 2024-06-30 |
| Actividad 2: Caracterización de las representaciones electricidad - materia | Descripción de las representaciones de constitución de la materia y de electricidad a las que se acude para dar cuenta de los fenómenos electroquímicos en las diferentes fuentes estudiadas en el análisis histórico epistemológico. | Objetivo específico 1: 1. Diseñar y ejecutar el estudio histórico epistemológico que aporte a la perspectiva fenomenológica del grupo de investigación. | Investigador principal - coinvestigador(es), | 2024-05-01 | 2024-08-31 |
| Actividad 3: Análisis epistemológico de las influencias mecanicistas y energetistas | Caracterización de las influencias mecanicistas y energetistas en las explicaciones electroquímicas que se abordaron en el análisis histórico de las fuentes primarias. | Objetivo específico 1: 1. Diseñar y ejecutar el estudio histórico epistemológico que aporte a la perspectiva fenomenológica del grupo de investigación. | Investigador principal - coinvestigador(es), | 2024-05-01 | 2024-11-30 |
| Actividad 4: Socialización de avances de los análisis histórico epistemológicos | Participación en eventos nacionales o internacionales para la socialización y debate de los análisis histórico epistemológicos logrados y sus implicaciones pedagógicas. | Objetivo específico 1: 1. Diseñar y ejecutar el estudio histórico epistemológico que aporte a la perspectiva fenomenológica del grupo de investigación. | Investigador principal - coinvestigador(es) - monitores, | 2024-05-01 | 2024-07-31 |
| Actividad 1: Definición de las implicaciones para la enseñanza de las ciencias | Derivar elementos de enseñanza a partir del análisis epistemológico, para el estudio de fenómenos electroquímicos con profesores en formación, que se plasma en las actividades de análisis propuestas para los estudiantes vinculadas a la revisión de las propuestas experimentales que hemos desarrollado. | Objetivo específico 2: 2. Plantear criterios que orienten la elaboración de propuestas de enseñanza del campo de la electroquímica y que pongan en discusión la representación de la constitución de la materia coherente con una perspectiva fenomenológica. | Investigador principal - coinvestigador(es), | 2024-06-01 | 2024-12-31 |
| Actividad 2: Socialización de los productos para la enseñanza | Socialización y discusión de los criterios y actividades que orientan un curso libre, con grupos de investigación con los cuales hemos establecido una red de trabajo | Objetivo específico 2: 2. Plantear criterios que orienten la elaboración de propuestas de enseñanza del campo de la electroquímica y que pongan en discusión la representación de la constitución de la materia coherente con una perspectiva fenomenológica. | Investigador principal - coinvestigador(es), | 2024-09-01 | 2024-12-30 |

**B. EQUIPO DE DOCENTES INVESTIGADORES QUE DESARROLLARÁN EL PROYECTO**

Este cuadro se diligenciará para reportar en los planes de trabajo, las horas de investigación semanales que corresponde a cada docente investigador que presenta el proyecto. Por ello, se deben identificar los docentes miembros del equipo de investigación que tendrán horas de investigación asignadas en su plan de trabajo. No se debe incluir la información de estudiantes monitores ni contratistas.

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Identifique todos los docentes que se vincularán al proyecto y que contribuirán a su desarrollo.** | | | | | | | |
| **PERSONAL VINCULADO AL PROYECTO** | | | | | | | |
| **No** | **Identificación**  **(Nº documento**  **identificación)** | **Nombres y apellidos** | **Facultad, Departamento, Programa, Doctorado, IPN, escuela maternal** | **Escriba el tipo de Vinculación** | **Horas solicitadas** (Consultar términos de referencia de la convocatoria) | **Rol dentro del grupo de investigación** (Investigador Principal o coinvestigador) | **Correo electrónico institucional donde será contactado** |
| Planta/  ocasional/ catedrático pensionado/ catedrático/  provisional IPN | Número de horas semanales dedicadas al proyecto |
| 1 | 19329521 | Jose Francisco Malagon Sanchez | Facultad de Ciencia y Tecnología | Docente de Planta | 8 | Coinvestigador | jmalagon@pedagogica.edu.co |
| 2 | 51976909 | Sandra Sandoval Osorio | Facultad de Ciencia y Tecnología | Docente de Planta | 8 | Investigador Principal | ssandoval@pedagogica.edu.co |
| 3 | 52971212 | Liliana Tarazona Vargas | Facultad de Ciencia y Tecnología | Docente de Planta | 8 | Coinvestigador | ltarazonav@pedagogica.edu.co |

***SI EL PROYECTO ES COFINANCIADO REGISTRE LOS COINVESTIGADORES DE OTRA INSTITUCIÓN QUE SE VINCULARÁN AL DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN, CONFORME A LA INFORMACIÓN SOLICITADA EN LA SIGUIENTE TABLA:***

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **No** | **Identificación**  **(No documento**  **identificación)** | **Nombres y apellidos** | **Profesión** | **Nombre Institución** | **Número de horas semanales dedicadas al proyecto** | **Teléfono ó celular de contacto** | **Correo electrónico** |

**C. PRESUPUESTO:** El presupuesto del proyecto presenta dos (2) o tres (3) fuentes de financiación las cuales son recursos de: inversión, funcionamiento (horas asignadas en el plan de trabajo de los docentes) y cofinanciación (cuando la investigación cuenta con cofinanciación de otra institución). El presupuesto que se solicite debe mostrar coherencia entre los objetivos de la investigación, el tiempo de ejecución, los insumos requeridos y las estrategias de gestión de su producción o de sus resultados, Por favor diligencie los cuadros del presupuesto del proyecto:

**Duración:** Indique los periodos académicos en los cuales se ejecutará el presupuesto del proyecto de investigación. Revise los términos de referencia para definir el tiempo.

**Períodos académicos**: 2.

**PRESUPUESTO DEL PROYECTO:** Diligenciar la totalidad de los campos solicitados según corresponda en cada cuadro. (No se debe simplificar los valores (números), se deben incluir todas las cifras de cada rubro).

**CUADRO RECURSOS DE INVERSIÓN[[2]](#footnote-2) CUADRO RECURSOS DE FUNCIONAMIENTO CUADRO RECURSOS DE COFINANCIACIÓN**

(Cuando la investigación cuente con cofinanciación interinstitucional)

|  |  |
| --- | --- |
| ***CLASE DE RUBRO*** | ***VALOR EN PESOS ($)*** |
| 1. **Servicios Profesionales o de apoyo técnico** | $0 |
| 1. **Monitores** | $10,764,800 |
| 1. **Equipos** | $9,000,000 |
| 1. **Fotocopias** | $800,000 |
| 1. **Materiales** | $935,200 |
| 1. **Trabajo de Campo** | $0 |
| 1. **Socializacion** | $8,000,000 |
| 1. **Transporte urbano** | $0 |
| 1. **Material Bibliográfico** | $2,500,000 |
| 1. **Personal docente** | $0 |
| 1. **Otro cofinanciación** | $0 |
| **TOTAL RECURSOS DE INVERSIÓN** | **$32,000,000** |

|  |  |
| --- | --- |
| ***CLASE DE RUBRO*** | ***VALOR EN PESOS ($)*** |
| 1. **Servicios Profesionales o de apoyo técnico** | $0 |
| 1. **Monitores** | $0 |
| 1. **Equipos** | $0 |
| 1. **Fotocopias** | $0 |
| 1. **Materiales** | $0 |
| 1. **Trabajo de Campo** | $0 |
| 1. **Socializacion** | $0 |
| 1. **Transporte urbano** | $0 |
| 1. **Material Bibliográfico** | $0 |
| 1. **Personal docente** | $55,874,660 |
| 1. **Otro cofinanciación** | $0 |
| **TOTAL RECURSOS DE FUNCIONAMIENTO O DE HORAS ASIGNADAS EN EL PLAN DE TRABAJO DE LOS DOCENTES** | **$55,874,660** |

|  |  |
| --- | --- |
| ***CLASE DE RUBRO*** | ***VALOR EN PESOS ($)*** |
| 1. **Servicios Profesionales o de apoyo técnico** | $0 |
| 1. **Monitores** | $0 |
| 1. **Equipos** | $0 |
| 1. **Fotocopias** | $0 |
| 1. **Materiales** | $0 |
| 1. **Trabajo de Campo** | $0 |
| 1. **Socializacion** | $0 |
| 1. **Transporte urbano** | $0 |
| 1. **Material Bibliográfico** | $0 |
| 1. **Personal docente** | $0 |
| 1. **Otro cofinanciación** | $0 |
| **TOTAL RECURSOS DE COFINANCIACIÓN** | **$0** |

**RESUMEN PRESUPUESTO DEL PROYECTO**

|  |  |
| --- | --- |
| ***FUENTE DE FINANCIACIÓN*** | ***VALOR EN***  ***PESOS ($)*** |
| **RECURSOS DE INVERSIÓN** | $32,000,000 |
| **RECURSOS DE FUNCIONAMIENTO U HORAS ASIGNADAS EN EL PLAN DE TRABAJO DE LOS DOCENTES** | $55,874,660 |
| **RECURSOS DE COFINANCIACIÓN** | $0 |
| **TOTAL DE RECURSOS DEL PROYECTO** | $87,874,660 |

**D. CONTRATACIÓN DE SERVICIOS PROFESIONALES O PERSONAL TÉCNICO DE APOYO:**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **Tipo de vinculación** | **Número de personas** | **Objeto del contrato** | **Justificación** | **Valor solicitado para el contrato** |
| **TOTAL** | **0** |  | | **$0** |

**Evaluadores Expertos:**

Diligencie el siguiente formato con la información sugerida de:

* Dos (2) evaluadores internos de la UPN, preferiblemente de Facultad y grupo de investigación distinto a la del grupo de investigación que presenta la propuesta.
* Dos (2) evaluadores externos a la UPN, preferiblemente con formación de Doctorado, que estén en capacidad de evaluar la propuesta en la temática presentada a la SGP- CIUP.

**FORMATO PARA REGISTRO DE PARES EVALUADORES**

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **EXPERTOS SUGERIDOS DE LA UPN** | | | | | |
| **1. INVESTIGADOR EXPERTO INTERNO** | | | | | |
| Nombre(s) completos: | Sin registro | | | | |
| Primer Apellido: Sin registro | | | Segundo apellido: | | Sin registro |
| Dirección electrónica: Sin registro | | | | | |
| Teléfonos / Fax / Extensión y No de Celular: | | | | Sin registro | |
| Área o campo del conocimiento en la que es experto: | | | | Sin registro | |
| Formación Académica: Sin registro | | | | | |
| Dependencia académica a la que pertenece: Sin registro | | Facultad: Sin registro | | | |
| Departamento: Sin registro | | | |
| **2. INVESTIGADOR EXPERTO INTERNO** | | | | | |
| Nombre(s) completos: Sin registro | | | | | |
| Primer Apellido: Sin registro | | | Segundo apellido: Sin registro | | |
| Dirección electrónica: Sin registro | | | | | |
| Teléfonos / Fax / Extensión y No de Celular: Sin registro | | | | | |
| Área o campo del conocimiento en la que es experto: Sin registro | | | | | |
| Formación Académica: Sin registro | | | | | |
| Dependencia académica a la que pertenece: Sin registro | | | Facultad: Sin registro | | |
| Departamento: Sin registro | | |

|  |  |
| --- | --- |
| **EXPERTOS EXTERNOS A LA UPN SUGERIDOS** | |
| **1. INVESTIGADOR EXPERTO** | |
| Nombres completos: Andrea | |
| Primer Apellido: Aristizabal | Segundo apellido: Fúquene |
| Dirección electrónica: andrea\_aristizabal@hotmail.com | |
| Teléfonos / Fax / Extensión y No de Celular: 3213719629 | |
| Institución a la que pertenece: Sin registro | |
| Área o campo del conocimiento en la que es experto: Sin registro | |
| Formación Académica: Sin registro | |
| **2. INVESTIGADOR EXPERTO** | |
| Nombres completos: Angel | |
| Primer Apellido: Romero | Segundo apellido: Chacon |
| Dirección electrónica: angel.romero@udea.edu.co | |
| Teléfonos / Fax / Extensión y No de Celular: | |
| Institución a la que pertenece: Sin registro | |
| Área o campo del conocimiento en la que es experto: Sin registro | |
| Formación Académica: Sin registro | |

**ANEXOS**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **No.** | **Nombre del archivo** | **Descripción** | **Dirección del enlace** |
| 1 | Formato de propuesta de investigacion en word | Archivo word de la propuesta de investigación | http://primeciup.pedagogica.edu.co/application/propuestainv/bajar/1637/12594 |

1. Se deben tener en cuenta los aspectos considerados en los términos de referencia de la convocatoria [↑](#footnote-ref-1)
2. **Si aplica:** Para los proyectos que tengan una duración mayor a dos períodos académicos, se debe registrar para cada vigencia (año) el presupuesto previsto e incluir una tabla adicional con los mismos ítems diligenciando el total de los recursos del proyecto. Esta indicación también opera para recursos de proyectos con cofinanciación. [↑](#footnote-ref-2)