

**CONSTRUCCIÓN DE UNA RUTA EXPERIMENTAL SOBRE LOS
FENÓMENOS DE ACIDEZ Y BASICIDAD DESDE UNA PERSPECTIVA
FENOMENOLÓGICA E HISTÓRICO-CRÍTICA**

**MARÍA LINETH INTENCIPA ACOSTA
JUAN CARLOS RODRÍGUEZ CALDERÓN**

**DIRECTORA:
Dra. SANDRA SANDOVAL OSORIO**

**UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL
FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA
DEPARTAMENTO DE QUÍMICA
MAESTRÍA EN DOCENCIA DE LA QUÍMICA
BOGOTÁ
2026**

**CONSTRUCCIÓN DE UNA RUTA EXPERIMENTAL SOBRE LOS
FENÓMENOS DE ACIDEZ Y BASICIDAD DESDE UNA PERSPECTIVA
FENOMENOLÓGICA E HISTÓRICO-CRÍTICA**

**MARÍA LINETH INTENCIPA ACOSTA
JUAN CARLOS RODRÍGUEZ CALDERÓN**

**TESIS DE GRADO PRESENTADA PARA OPTAR AL TÍTULO DE MAGISTER
EN DOCENCIA DE LA QUÍMICA**

**DIRECTORA:
Dra. SANDRA SANDOVAL OSORIO**

**GRUPO DE INVESTIGACIÓN
ESTUDIOS HISTÓRICO - CRÍTICOS Y ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS**

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN
ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS DESDE UNA PERSPECTIVA
FENOMENOLÓGICA**

**UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL
FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA
DEPARTAMENTO DE QUÍMICA
MAESTRÍA EN DOCENCIA DE LA QUÍMICA
BOGOTÁ
2026**

Agradecimientos

*A la doctora, Sandra Sandoval, y a sus clases sobre EHC porque en estas encontré
gusto por la lectura y el debate.*

*A mi compañera de vida, Jineth Ibañez, porque su compañía incondicional fue un
remedio para sortear los males.*

*A mi mamá, María Esperanza Calderón, por aconsejarme a seguir a donde ella no
pudo ir.*

*A, María Lineth, con la cual disfruté discutir y no precisamente para llegar a un
acuerdo.*

*A mis amigos, Greis Puentes, Katherine Suarez y Harold Navarro por ser almas en
trance, cada uno en su tono y tempo.*

Juan Carlos Rodríguez Calderón

A Dios, por ser el centro de mi vida.

A la doctora Sandra Sandoval, por su dedicación, excelencia e inspiración.

A mi esposo, por su amor y apoyo incondicional.

A mi familia, por su acompañamiento y ánimo constantes.

A Jafar, por su amor y compañía.

A Juan Carlos, por su dedicación y compromiso.

María Lineth Intencipa Acosta

Tabla de contenidos

Introducción	7
Antecedentes de Investigación	8
Antecedentes - tesis	9
Antecedentes - artículos	12
Perspectiva Fenomenológica y Enfoque Histórico-Critico en la Formación Docente	16
Perspectiva Fenomenológica	17
Perspectiva Fenomenológica para la Enseñanza de las Ciencias.....	18
Perspectiva Fenomenológica para la Enseñanza de los Fenómenos de Acidez y Basicidad.....	20
Construcción Fenomenológica desde el Análisis Histórico-Critico.....	23
Etapas para Construcción de una Ruta Experimental desde una Perspectiva Fenomenológica e Histórica-Crítica.	25
Identificación de las cualidades:	26
Organización por intensidades	27
Construcción de formas de medida:	28
Justificación.....	31
Planteamiento del Problema	34
Objetivos	36
Objetivo General	36
Objetivos Específicos.....	36
Metodología.....	36
Primera Fase	41
Análisis Histórico-Critico de los Fenómenos de Acidez y Basicidad	41
Identificación de cualidades	42
Propiedades de Ácidos y Bases Según su Composición	44
Organización por intensidades	45
Construcción de formas de medida.....	47
Reflexión sobre el análisis histórico-crítico.....	53
Segunda Fase.....	56
Ruta Experimental.....	56

Primera etapa: Identificación de Cualidades.....	58
Reflexión sobre la Identificación de Cualidades.....	63
Segunda etapa: Organización por intensidades	65
Reflexión sobre la organización por intensidades.....	68
Tercera etapa: Construcción de formas de medida	69
Reflexión sobre la construcción de formas de medida.	71
Tercera fase.....	72
Organizadores gráficos.....	72
Miniproyectos.....	73
Viñetas Históricas	75
Aplicación de la ruta experimental	76
Reflexión organizador grafico por docentes investigadores	86
Cuarta fase	86
Revisión de los Miniproyectos	86
Discusión sobre los miniproyectos	93
Reflexiones y análisis de los textos argumentativos	95
Segundo nivel de análisis	97
Conclusiones.....	104
Recomendaciones	107
Referencias Bibliográficas	108
Anexos:	111

Índice de imágenes

Imagen 1. Pasos para la ordenación y medición de cualidades para la construcción de escalas. Imagen generada mediante Napkin.ai (Napkin AI, Inc., 2026).	26
Imagen 2 Etapas para la construcción de una ruta experimental desde una perspectiva fenomenológica e histórico-crítica. Imagen generada mediante Napkin.ai (Napkin AI, Inc., 2026).....	30
Imagen 3. Fases metodológicas.	41
Imagen 4. Representación gráfica de ácido y álcali según Lémery, tomado de León, 2023, pág. 22.	43
Imagen 5. Identificación de cualidades. Imagen generada mediante Napkin.ai (Napkin AI, Inc., 2026)	44
Imagen 6. Composición de ácidos y bases a partir de sus propiedades. Imagen generada mediante Napkin.ai (Napkin AI, Inc., 2026).	45
Imagen 7. Construcción de escalas, Imagen generada mediante Napkin.ai (Napkin AI, Inc., 2026).....	47
Imagen 8. Procedimiento de compensación de Du Bois Reymond. Tomado de: Calvet, E. (1942). Química general aplicada a la industria con prácticas de laboratorio. Tomo I: Química-Física. Salvat Editores, Barcelona - España	48
Imagen 9. Construcción de formas de medida. Imagen generada mediante Napkin.ai (Napkin AI, Inc., 2026)	53
Imagen 10. Soluciones ácidas con indicador de Saúco, rojo Congo y papel universal en rejilla de porcelana. Elaboración propia.	60
Imagen 11. Soluciones ácidas y neutra con indicador de Saúco, rojo Congo y papel universal en rejilla de porcelana. Elaboración propia.....	60
Imagen 12. Soluciones básicas y neutra con indicador de Saúco, rojo Congo y papel universal en rejilla de porcelana. Elaboración propia.....	61
Imagen 13. Diagrama que explica el procedimiento a seguir para evaluar la intensidad del color del indicador en función al cambio de concentración. Elaboración propia, lucidspark, 2026.	62
Imagen 14. Soluciones con 10 mL de HCl, CH ₃ COOH, NaCl, NH ₃ y NaOH al 0.1 M con 10 gotas de indicador de Saúco. Elaboración propia.	62
Imagen 15. Soluciones de 15 mL de HCl, CH ₃ COOH, NaCl, NH ₃ y NaOH al 0.033M con 10 gotas de indicador de Saúco. Elaboración propia.	62
Imagen 16. Soluciones de 25 mL de HCl, CH ₃ COOH, NaCl, NH ₃ y NaOH al 0.020M con 10 gotas de indicador de Saúco. Elaboración propia.	63
Imagen 17. Soluciones de 45 mL de HCl, CH ₃ COOH, NaCl, NH ₃ y NaOH al 0.011M con 10 gotas de indicador de Saúco. Elaboración propia.	63
Imagen 18. Soluciones de 55 mL de HCl, CH ₃ COOH, NaCl, NH ₃ y NaOH al 0.009M con 10 gotas de indicador de Saúco. Elaboración propia.	63
Imagen 19. Diagrama montaje para medir la conductividad eléctrica correspondiente al miniproyecto 1. Elaboración propia, Chemix, 2026.....	65
Imagen 20. Diagrama montaje para medir la diferencia de potencial correspondiente al miniproyecto 2. Elaboración propia, Chemix, 2026.....	70
Imagen 21. Estructura general miniproyectos. Elaboración propia. Lucidchart. 2026. .	75
Imagen 22. Mapa de síntesis del primer organizador gráfico sobre la acidez y la basicidad. Elaboración propia. Lucidchart. 2026.	78
Imagen 23.. Mapa de síntesis del segundo organizador gráfico sobre la acidez y la basicidad. Elaboración propia. Lucidchart. 2026.	79
Imagen 24. Organizador gráfico elaborado por docentes investigadores. Elaboración propia. Lucidchart. 2026.....	85

Introducción

En la enseñanza de la química, la actividad experimental desempeña un papel importante y se constituye en una posible vía para la enseñanza de esta ciencia, que muestra el vínculo entre los planteamientos teóricos y prácticos que hacen parte de la construcción de pensamiento científico, por lo cual, es de vital importancia prestar especial atención al planteamiento de actividades experimentales teniendo en cuenta que, la experimentación en sí misma no es suficiente para establecer relaciones entre efectos que permitan hablar de la comprensión de los fenómenos.

De acuerdo con lo anterior, existen enfoques didácticos que permiten orientar la actividad experimental e incorporarla al proceso de enseñanza-aprendizaje; en nuestra propuesta de investigación, se utilizará una perspectiva fenomenológica y un enfoque histórico-crítico, que por un lado, posibiliten cuestionar las ideas del trabajo científico, lo que amplía la visión en contraposición de las versiones reduccionistas, absolutas, acumulativas y lineales de la ciencia y la actividad científica; y por el otro:

Ayude a superar la clásica historiografía empírico-positivista que concibe a los hechos científicos como descubrimientos propuestos por mentes geniales, de ese modo, el experimento puede ser el instrumento para construir explicaciones de los fenómenos generando un cambio en la concepción de ciencia positivista por una imagen de ciencia como actividad cultural (Caro y Mosquera, 2015. p 92).

Por la misma línea, cabe señalar que los docentes también tenemos interpretaciones estandarizadas y que en lugar de rechazar o desatender las observaciones de los estudiantes que no encajan dentro de los modelos preestablecidos de las ciencias, en consecuencia, es importante que las diferentes interpretaciones de un fenómeno puedan ser debatidas y contrastadas con los puntos de vista de los docentes y estudiantes, y es ahí cuando una perspectiva fenomenológica para la enseñanza de las ciencias se convierte en una herramienta pedagógica y didáctica para la comprensión de los fenómenos de la naturaleza porque permite el debate y la diferenciación entre lo sensorial y lo perceptual, enriqueciendo el discurso científico (Caro y Mosquera, 2015).

Teniendo en cuenta lo anterior, se planteó la siguiente pregunta problema ¿Cómo contribuye un estudio histórico-crítico sobre los fenómenos de acidez y basicidad a una perspectiva fenomenológica que incida en la revisión y transformación de la propia práctica docente?, para responderla se proyecta una metodología de cuatro

fases, en la primera se hará un análisis histórico-crítico de los fenómenos de acidez y basicidad, en la segunda el diseño de una ruta experimental que se vincule con los elementos que aporta el análisis histórico-crítico, en la tercera la implementación de la ruta experimental con un grupo de docentes en formación, y en la cuarta un análisis del contenido de textos argumentativos de los docentes en formación y la producción de reflexiones documentadas sobre la propia práctica docente.

Antecedentes de Investigación

En el presente apartado se expondrá en forma de reseña la bibliografía encontrada en el repositorio de la Universidad Pedagógica Nacional (UPN) y revistas indexadas relacionada con el objeto de estudio de la presente investigación, para lo cual se tuvieron en cuenta palabras clave como; acidez; basicidad; pH; análisis histórico-crítico; fenomenología; ideas alternativas; actividad experimental; a partir de las cuales se encontraron tres tesis de maestría y tres artículos científicos.

Las tesis encontradas se centraron en el estudio de los fenómenos de acidez, basicidad y pH, a través de un enfoque histórico-crítico desde una mirada fenomenológica y constructivista, que buscaban el diseño de herramientas didácticas y pedagógicas para fortalecer la práctica docente y enriquecer los procesos de enseñanza y aprendizaje de la química. A partir de las conclusiones de las investigaciones se identificó y se proyectó una idea generalizada acerca de que la enseñanza de la química en contraposición al modelo empiro-positivista, de lo cual se destaca que los estudios histórico-críticos contribuyen a la construcción de una nueva perspectiva de las ciencias y de la química en particular, a través de la explicación y análisis de fenómenos apoyados en la reconstrucción de fenomenologías que aportan a un conocimiento científico no lineal y acumulativo de hechos históricos.

Los artículos científicos aportaron un estudio acerca de las concepciones alternativas más frecuentes en los estudiantes, docentes en formación y docentes en práctica sobre los fenómenos de acidez, basicidad y pH. Los estudios refieren que uno de los orígenes de las ideas de los estudiantes y docentes provienen del lenguaje cotidiano, la publicidad, los libros de texto y la escuela, por lo cual es importante -teniendo cuenta esta última- reflexionar sobre la incidencia que ejercen los docentes en la transmisión de los diferentes conceptos asociados a la acidez y basicidad. A continuación, se hace una referencia de cada uno de los antecedentes encontrados:

Antecedentes - tesis

Autores - Años Alméciga, A y Muñoz, M. (2013)

Título	<i>pH, historia de un concepto. Análisis en textos de educación superior.</i>
Objetivo	La investigación realizada tuvo como objetivo analizar el concepto de pH desde su construcción histórica y epistemológica, examinando la transposición didáctica del concepto en textos seleccionados de educación superior utilizados por profesores en cursos básicos de química para la formación inicial de docentes en las universidades: Universidad Pedagógica Nacional (UPN), Universidad Distrital (UD) y Universidad Antonio Nariño (UAN); adicionalmente, examinar la versión de ciencia y de química que estructuran los textos, teniendo como referencia la definición de pH propuesta por Sørensen. Esta investigación fue realizada en la UPN, Bogotá, Colombia.
Metodología	Como metodología de investigación se utilizó un enfoque mixto dividido en cuatro etapas, 1) recolección, selección, análisis y evaluación de documentos especializados –fuentes primarias-; 2) Reconstrucción histórico-epistemológica del concepto de pH y criterios para la evaluación de libros de química general; 3) Selección de libros de texto por medio de una encuesta y 4) Análisis y evaluación de los libros de texto seleccionados a través de una rubrica de evaluación.
Resultados claves	A partir del análisis de contenido los autores concluyeron lo siguiente: En algunos textos analizados se determinó la medición de pH como factor que influye en proceso químicos y biológicos que se llevan a cabo en la industria y la medicina, pero que en otros se limita el uso de pH al cálculo matemático; por otro lado, en los libros analizados tomados de las Licenciaturas en Química se conciben epistemológicamente las ciencias y la química con un enfoque positivista en los que no se ha tenido en cuenta los suficientes aspectos históricos y epistemológicos de la construcción de conocimiento en comunidades científicas.
Conclusiones	Finalizando, la tesis afirma en las conclusiones que persiste <i>una visión epistemológica de las ciencias y de la química positivista, en la que no se han tenido en cuenta los suficientes aspectos históricos y epistemológicos que permitan al lector establecer que el conocimiento lo construyen individuos gracias a sus interacciones sociales dentro de las comunidades científicas, lo que difiere significativamente con lo que se debería enseñar en las aulas de clase.</i> (Alméciga y Muñoz 2013, p. 130.)

Aportes a la presente investigación	Este trabajo de grado aporta a la investigación porque plantea una mirada histórico crítico como fuente para la reconstrucción epistemológica de que se aporta a una mirada social del conocimiento influenciada por factores económicos y tecnológicos. Adicionalmente hace uso del análisis de contextos como metodología, lo que ejemplifica el proceso de análisis de
Autores - Años	Caro, O y Mosquera, D. (2015)
Título	Análisis Histórico-Crítico y Actividad Experimental en la Enseñanza de la Basicidad,
Objetivo	se tuvo como objetivo: Analizar la incidencia de un estudio histórico-crítico en relación entre la actividad experimental y la construcción de la fenomenología de la basicidad para la enseñanza de las ciencias. La investigación se realizó con 22 estudiantes del grado octavo en la jornada de la tarde de la Institución Educativa Distrital Atenas, ubicada en Bogotá.
Metodología	Para su ejecución se propuso una metodología mixta dividida en cuatro momentos, los cuales fueron: 1) Definición del problema de investigación; 2) revisión de la literatura y análisis histórico crítico; 3) diseño e implementación de la ruta de aula y 4) interpretación y discusión de resultados.
Resultados claves	La investigación dio cuenta de la existencia de diversas relaciones que se entretajan al interior del laboratorio para tratar de explicar el comportamiento de las bases, lo cual propone una forma diferente de entender las dinámicas de la escuela y el conocimiento que allí se construye, teniendo en cuenta el abordaje fenomenológico de fuentes primarias que arrojaron experiencias para ser integradas en una ruta de aula
Conclusiones	Al priorizar la actividad experimental se favorecen los procesos de motivación, curiosidad, dialogo, argumentación y construcción de explicaciones, generando un cambio en la concepción de la ciencia positivista por una imagen de ciencia como actividad cultural
Aportes a la presente investigación	Debido a lo anterior este trabajo aporta a nuestra propuesta de investigación una construcción histórica-epistemológica del fenómeno de basicidad, y de esta manera se fortalece la experiencia docente frente al concepto de pH trabajado en las aulas, dado que según como lo mencionan los autores: se puede afirmar que el análisis histórico-crítico es un método que puede ser utilizado para comprender la basicidad.

Autores - Años León, M. (2023).

Título	<i>Análisis del fenómeno de acidez y basicidad a partir de criterios de organización como el comportamiento y ordenamiento hasta la construcción de la medida pH para la elaboración de un discurso docente.</i>
Objetivo	Comprender el proceso que se llevó a cabo para la construcción de explicaciones del fenómeno de acidez y basicidad a partir de criterios de organización que se identifiquen dentro del análisis histórico hecho desde la actividad experimental formulada por algunos científicos, para proponer una estructura discursiva inherente al docente de química ante el fenómeno de estudio.
Metodología	El trabajo se realizó en la Universidad Pedagógica Nacional, Bogotá, Colombia. La investigación tuvo un enfoque mixto dividido en cinco fases: 1) delimitación del problema; 2) planteamiento del problema; 3) revisión documental y análisis histórico; 4) actividad experimental y 5) reflexión.
Resultados claves	Se validó que el uso de indicadores naturales (extractos vegetales con antocianinas como el repollo morado o arándanos) es un criterio eficaz para diferenciar ácidos de bases mediante cambios de color. El método electrométrico fue el método más preciso para cuantificar el fenómeno. Se determinó que existe una relación directa entre la concentración de iones y la diferencia de potencial (voltaje).
Conclusiones	Una de las conclusiones de este trabajo fue que por medio de la revisión documental y el análisis histórico se permitió vislumbrar que cada fenómeno podía ser analizado a partir de su comportamiento, ordenamiento y medida; se reflexionó sobre el rol docente y la actividad experimental como base para la construcción de explicaciones y el fortalecimiento el discurso docente.
Aportes a la presente investigación	Este trabajo aporta a nuestra propuesta de investigación un marco conceptual y metodológico sobre cómo abordar desde una perspectiva histórico-crítica la medida de pH, que recurre al análisis del contenido como método, la hermenéutica como perspectiva teórica y el constructivismo como postura epistemológica; en lo que además, se estudian los criterios de ordenación y comportamiento de los fenómenos de acidez y basicidad en disoluciones; teniendo como base la reconstrucción experimental de científicos destacados en la historia de la química

Antecedentes - artículos

Autores - Años	Barragán, O y Ramírez, Y. (2013)
Título	Capítulo del libro Estrategias en el aula: de la experimentación a la formalización de los fenómenos naturales
Objetivo	Teniendo como objetivo principal en una electiva de la UPN proponer nuevas alternativas de enseñanza que permitan disolver la oposición entre la visión cualitativa y cuantitativa que surge en los estudiantes al momento de abocarse al estudio de una cualidad o fenómeno en particular.
Metodología	Dentro de las actividades de la electiva se destaca un primer análisis sobre la acidez y basicidad de las sustancias, con la idea de reconstruir el concepto de pH como una magnitud que organiza estos fenómenos, y permitir la construcción de instrumentos de medida.
Resultados claves	Uno de los aspectos claves dentro del trabajo de los autores frente a la estrategia aplicada, fueron las actividades de socialización por parte de cada uno de los grupos conformados dentro de la electiva, para el caso del estudio del pH la metodología empleada se basó en la organización de las cualidades ácidas y básicas de diferentes sustancias y su cambio de color, conductividad eléctrica y potencial eléctrico; y la forma de sistematización fue a través del registro escrito de las actividades y la entrega de un trabajo final de corte analítico, es importante resaltar que dentro de la actividades desarrolladas también se hizo la revisión bibliográfica, talleres de diseño, construcción de aparatos de medida.
Conclusiones	Teniendo en cuenta las reflexiones de los autores hubo confusión por parte de los grupos entre los conceptos de conductividad y medida de potencial eléctrico, sin embargo, los grupos construyeron escalas de ordenación y medida.
Aportes a la presente investigación	Este trabajo le aporta a nuestra investigación un marco metodológico para la construcción de instrumentos de medida a partir del análisis histórico y epistemológico del fenómeno de acidez y basicidad, teniendo en cuenta la organización de cualidades y construcción de escalas; dándonos un ejemplo de la aplicabilidad del enfoque histórico crítico y la perspectiva fenomenológica relacionada con los conceptos de acidez, basicidad y pH.
Autores - Años	Alvarado, C; Cañada, F y Garritz, A. (2013)
Título	<i>Dificultades en el aprendizaje de la acidez y la basicidad y el conocimiento didáctico del contenido de profesores mexicanos de bachillerato</i>
Objetivo	Se tuvo como objetivo identificar a través de la experiencia de profesores algunas de las principales dificultades de estudiantes

	mexicanos de bachillerato y de recién ingreso a la universidad para el aprendizaje de los temas de acidez y basicidad.
Metodología	Como metodología se elaboró un cuestionario escrito para documentar el Repertorio de Contenidos (CoRe), basado en la propuesta de Loughran y otros (2004), modificando algunas preguntas.
Resultados claves	Uno de los resultados encontrados con relación a las referencias históricas y epistemológicas, es que el concepto de pH fue introducido por Sørensen como una nueva forma de medir la acidez de las sustancias e implementó el uso de una escala de pH; por otro lado, que los antecedentes del concepto de fuerza (ácido o base) se sitúan en los trabajos de investigación iniciados por Arrhenius sobre la conductividad de las disoluciones de ácidos y bases. Otro de los resultados en función a las dificultades de los procesos de enseñanza son las asociadas al manejo matemático de las relaciones para calcular el pH, y para comprender la naturaleza logarítmica de la relación entre pH y concentración de iones hidronio, además, los estudiantes tienen dificultad para identificar las diferentes variables que hay que tomar en cuenta para predecir los efectos de una reacción ácido/base.
Conclusiones	Los profesores de bachillerato y universidad deben reflexionar sobre la necesidad de su actualización permanente tanto disciplinaria como pedagógica, para favorecer la construcción adecuada del conocimiento del tema por parte de sus alumnos.
Aportes a la presente investigación	Este trabajo le aporta a nuestra investigación referentes argumentativos frente a la problemática del uso mínimo de la historia y epistemología como una herramienta para la enseñanza de los fenómenos de acidez, basicidad y pH dado que no es un aspecto que se profundiza y puede ser de útil importancia, de igual forma, nos permite hacer alusión a las dificultades que presentan los docentes para la enseñanza de estos conceptos sin el apoyo preciso de una perspectiva fenomenológica que se preste como solución a la dicotomía entre lo concreto-abstracto y lo cualitativo-cuantitativo presentes en los procesos de enseñanza de tales conceptos.
Autores - Años	Firpo, G. (2020)
Título	Evolución de las definiciones ácido-base en formación docente, propuesta para su enseñanza en formación docente
Objetivo	Planteó como objetivo -teórico- aplicar una metodología de ABP sobre el desarrollo histórico y epistemológico de las definiciones ácido base en cursos de formación de profesorado.
Metodología	Se efectúa una contextualización de la importancia del Aprendizaje Basado en Proyectos (ABP) la autora formuló que el ABP estaría dividido en cuatro etapas : la primera contempló la elección del tema; la segunda la selección y jerarquización de la información; la tercera

	el diseño de un plan de acción que incluye posibles cosas a investigar, actividades de laboratorio, entrevistas, encuestas y otras acciones; y la cuarta el análisis de los resultados y propuesta didáctica (póster, presentación, exposición u otros). Finalmente, para la evaluación de la ABP se utilizaría una rubrica de evaluación con 10 criterios a tener en cuenta para el desarrollo excelente, satisfactorio, aceptable o insuficiente de la aplicación del proyecto.
Resultados claves	Se realizó una breve reconstrucción histórica y epistemológica de las definiciones ácido base partiendo de los aportes de libros de texto en los cuales destacan nombres de científicos como: Boyle, Lémery, Arrhenius, Brosted, Lowry, Lux, Flood y Usanovich, y argumenta – sucintamente-sobre la importancia de la enseñanza histórica y epistemológica que les permita a los docentes en formación revisar su concepción de ciencia y a proyectar actividades a realizar con sus estudiantes.
Conclusiones	Los formadores de profesorado deben contar con un sólido respaldo teórico para orientar estrategias de APB que conduzcan a buenos aprendizaje y los estudiantes de profesorado deben llevar a cabo en su formación, experiencias ABP con rol de alumno y también con rol de docente (este último, en práctica docente).
Aportes a la presente investigación	Este trabajo le aporta a nuestra investigación una perspectiva de enfoque sobre la población de estudio que hemos elegido, maestros en formación, aunque no trabajaremos con la metodología ABP, el trabajo nos hace cuestionar sobre los argumentos que giran alrededor de la selección de una metodología adecuada y su correcta evaluación atendiendo a los objetivos planteados desde el marco de la línea de investigación de estudios histórico-críticos
Autores - Años	Carrasco, M; Orellana N y Quintanilla, M. (2022)
Título	<i>Argumentación y aprendizaje de la Teoría Ácido-Base.</i>
Objetivo	Se planteó el siguiente objetivo: Evaluar el desarrollo de la habilidad cognitivo-lingüística argumentativa en estudiantes de secundaria a partir de preguntas problematizadoras sobre fenómenos ácido-base de relevancia socio científica. Se evaluaron 30 estudiantes de 17 a 18 años pertenecientes a tres secundarias de Santiago de Chile, 2 con índice de vulnerabilidad de 36 a 54 % y una con índice de 6%.
Metodología	Se planteo un diseño mixto no experimental de carácter descriptivo que consistió en la construcción de un instrumento evaluativo diagnóstico con dos preguntas abiertas para evaluar la argumentación y el aprendizaje de los conocimientos a cerca de ácidos, bases y pH.
Resultados claves	A partir del análisis de los datos, es posible identificar en estas producciones que en los niveles inferiores, el <i>estudiantado expresa</i>

	<i>vivencias y opiniones</i>, sin hacer referencia explícita a los datos entregados, o a la construcción de argumentos y contraargumentos sobre los conceptos de ácido-base. A diferencia del grupo que se destaca de manera dispersa fuera del círculo la vulnerabilidad de estos estudiantes es mayor, por ende, suelen estar inmersos en situaciones de experiencias distintas que estimula a generar argumentos y contraargumentos para defender sus contextos socioculturales, lo que promueve desde sus subjetividades poner en práctica estas habilidades fuera de los establecimientos favoreciendo así su desarrollo.
Conclusiones	Dentro de las conclusiones de este estudio exploratorio se identificó que los estudiantes desarrollaron diferentes modelos argumentativos cuando se enfrentan a las mismas preguntas problematizadoras sobre temas ácido-base de carácter socio científico, los resultados hacen pensar de manera indirecta – e incompleta- la influencia de una variable social, en el que el estudiantado de la institución privada está orientado por un aprendizaje y una visión tradicional de las ciencias y su enseñanza, sin favorecer intencionalmente la promoción y desarrollo de habilidades cognitivo lingüísticas y que, por el contrario, el estudiantado que aprende química en ambientes vulnerables o con limitaciones educativas de diferente naturaleza, está más vinculado al mundo real, lo que le permite interpretar los problemas socio científicos asociados a la química.
Aportes a la presente investigación	El artículo aporta a nuestra propuesta de investigación la existencia de un contexto social –variable social- que influye significativamente en los procesos de enseñanza y aprendizaje de los estudiantes; además de la importancia del trabajo con problemáticas socio científicas que vinculen conceptos químicos de la teoría ácido-base al contexto de la población de estudio, desarrollando habilidades cognitivo-lingüísticas (argumentativas y explicativas) sobre los fenómenos de acidez, basicidad y neutralización.
Autores - Años	Gallego, R; Ochoa, J y Gómez, J (2023).
Título	<i>Análisis de las concepciones alternativas y del aprendizaje del pH con una práctica STEM implementada mediante indagación.</i>
Objetivo	El objetivo radicó en aplicar una metodología STEM a una muestra no probabilística de 56 maestros en formación para la fabricación de un papel indicador de pH a través de una actividad de laboratorio de 3 horas.
Metodología	El diseño de intervención estuvo dividido en 5 fases: 1) invitación a la indagación; 2) indagación guiada; 3) indagación abierta; 4) resolución del problema y 5) evaluación, se analizaron las concepciones alternativas relacionadas con el concepto de pH en educación

	secundaria y en docentes en formación; las preguntas se basaron en el informe TIMSS (<i>Trends in International Mathematics and Science Study</i>) para 8º grado y objetivos de aprendizaje sobre el pH incluidos en el currículo de Educación Secundaria.
Resultados claves	La formación inicial de los docentes debe centrarse también en la didáctica del pH -entre otros aspectos, errores conceptuales más comunes en los alumnos, influencia del lenguaje y los medios de comunicación en los mismos, o metodologías didácticas para su enseñanza-. La inclusión de estas referencias a su futuro profesional puede contribuir a mejorar la motivación de los futuros docentes para el aprendizaje de este concepto
Conclusiones	En conclusión, la práctica STEM fue efectiva en relación con el aprendizaje del concepto de pH de la muestra y a la disminución de la mayoría de las concepciones alternativas más extendidas sobre este concepto químico. Sin embargo, es necesario tener en cuenta que algunas concepciones alternativas siguen siendo frecuentes en la muestra tras su implementación, lo que hace necesario complementar la enseñanza del pH con otros recursos didácticos
Aportes a la presente investigación	El artículo nos aporta un bosquejo de las concepciones alternativas sobre el concepto de pH que se manejan de en diferentes grados de formación inicial en ciencias, además de un breve análisis de las posibles causas de estas como las asociadas a la práctica docente, lenguaje cotidiano, libros de texto y medios de comunicación, al igual que la implementación de otros recursos didácticos como, por ejemplo, –en nuestro caso- el análisis histórico crítico.

Perspectiva Fenomenológica y Enfoque Histórico-Crítico en la Formación Docente

Para la enseñanza de las ciencias y de la química en particular, la perspectiva fenomenológica desempeña un papel importante, debido a que prioriza los elementos perceptuales que delimitan el fenómeno a ser explicado y que permite orientar la construcción experimental hacia la reinterpretación de las experiencias de los científicos, aportando a la comprensión del objeto de estudio que luego se traduce en el entendimiento de los conceptos y leyes, es decir, la fenomenología se convierte en una herramienta para la enseñanza de las ciencias permitiendo que el fenómeno adquiriera sentido para los sujetos y sea punto de partida para la construcción de las interpretaciones abstractas de los conceptos.

Es por esto, que hemos seleccionado la línea de investigación estudios histórico-críticos porque comprendemos la importancia de la historia y la epistemología que en

coordinación con la experimentación proporciona una herramienta teórica y experimental, que puede nutrir los procesos educativos no solo en los niveles de educación básica secundaria sino en los niveles de formación de profesorado al igual que para docentes en ejercicio.

La perspectiva fenomenológica para el desarrollo del presente trabajo y a la que haremos alusión está fundamentada en los trabajos de Østergaard, et al. (2007) y (2008), Sandoval, et al. (2018;) Malagón, et al. (2011), Barragán y Ramírez (2013), Caro y Mosquera (2015), en los cuales se pueden identificar 3 etapas fundamentales: la primera hace énfasis en la ordenación de las cualidades perceptibles, como por ejemplo, coloración, sabor, olor, que permiten una primera aproximación a la elaboración de escalas de medida; posteriormente, se lleva a cabo la segunda etapa en la cual se construye escalas de medida a partir de la ordenación y comparación cuantitativa de intensidades; una vez construida una escala cuantitativa de intensidades y comprendidos los conceptos teóricos -también históricos y epistemológicos- se procede a la última etapa, la construcción de formas de medida, en la cual los sujetos elaboran instrumentos de medición aplicando procesos de matematización en función a la interpretación de la cualidad observada.

Perspectiva Fenomenológica

En el artículo de Østergaard, et al. (2008) se hizo una revisión de la fenomenología en la enseñanza de las ciencias, partiendo de los aportes de Hegel y Edmund Husserl como fundadores de la fenomenología en el campo de la filosofía moderna y metodología de investigación. Adicionalmente, el autor establece tres corrientes fenomenológicas: la primera hace alusión a la fenomenología de la naturaleza de Goethe en la que se desataca el método científico intuitivo y sistemático basado en la experiencia viva reduciendo la distancia entre los fenómenos y la teoría que los explica, es decir, estos se convierten en teoría siempre y cuando se descubran, se ordenen y se estructuren de manera que se iluminen así mismos; la segunda, la fenomenología filosófica indica la necesidad de tener una experiencia pura sin acercarse desde la teoría ya establecida, porque se pierde contacto con el mundo de la vida cuando se centra en los modelos matemáticos que explican la ciencia, en otras palabras, como lo sostenía Husserl la cultura científica europea ha “caído” en una aceptación acrítica del dualismo cartesiano y sus consiguientes visiones objetivistas y naturalistas del conocimiento; la tercera, la fenomenología antropológica, se refiere a la construcción de una conciencia

sobre el mundo, en el que se reflexione y se participe a partir de la comprensión expresada en la experiencia vivida, de modo que la investigación fenomenológica trata de evitar la reducción de las complejas y amplias relaciones entre el ser humano y su entorno, desde ese punto de vista, la fenomenología antropológica es relevante para la enseñanza de las ciencias porque amplía la perspectiva de los contenidos científicos y los fenómenos naturales a las culturas y las relaciones sociales.

En concordancia con lo anterior, consideramos que es importante aplicar al estudio de la acidez y basicidad una perspectiva fenomenológica, que se preocupe por la comprensión del mundo de la vida en relación con la construcción de abstracciones de cada sujeto, en la cual se dé prioridad a la experiencia e interpretación del fenómeno, y a partir del mismo, surjan las explicaciones teóricas que nutran el proceso de enseñanza y aprendizaje. Todo esto en coordinación con el análisis histórico-crítico que relacione los contenidos científicos con su contexto social, estableciendo una base didáctica para los docentes en formación y en ejercicio.

Perspectiva Fenomenológica para la Enseñanza de las Ciencias.

Østergaard, et al. (2008) indican que la aplicación fenomenológica a la enseñanza de las ciencias puede ser vista desde tres perspectivas: la de los docentes y la experiencia de los docentes; la de los estudiantes como personas; y en las actividades de aprendizaje y enseñanza:

- **Centrarse en los profesores y sus experiencias:** según los estudios citados en Østergaard, et al. (2008) los profesores declaran sentirse frustrados, debido a que gastan gran parte de su tiempo en la planificación e implementación de actividades en las que aplican un modelo de enseñanza de la ciencia que visualiza los conceptos como un producto, en cambio, cuando utilizan una perspectiva de construcción fenomenológica y guían el proceso educativo desde esta manifiestan sentirse mejor profesionalmente.
- **Centrarse en los estudiantes como personas:** la ciencia rara vez se convierte en una fuente de inspiración en la vida de los estudiantes a pesar de que se la pasan muchas horas estudiando ciencias en la escuela, por lo cual, a partir de los

términos de *identidad*, el *yo* y *mundo vital*¹ se pueden establecer diferentes formas de relacionarse con la ciencia dado que adquieren diferentes significados para los estudiantes en sus proyectos de vida (Østergaard, et al. 2008).

- **Centrarse en las actividades de aprendizaje y enseñanza:** se distinguen dos etapas en el proceso de enseñanza aprendizaje, la etapa del conocimiento científico y la etapa de la experiencia humana cotidiana, entre las cuales debe ocurrir un proceso de traslación (Szybek, 2002, p. 548 citado por Østergaard, et al. 2008), el estudiante al participar de un discurso que hace evidente la aparición de problemas científicos a partir de cuestiones cotidianas, pueden ver como esos problemas cobran sentido para ellos; desde ese punto de vista se evita que las cosas se den por sentadas sin ser realmente comprendidas.

Los problemas señalados atrás son los mismos a los que se enfrentan los profesores de ciencias en formación, para lo cual se propone enseñarles ciencias en comunidades de práctica científica, lo cual contrasta fuertemente con la forma más común de formación de profesores de ciencias, en las que los estudiantes se informan de los hechos científicos leyendo libros de texto y escuchando conferencias, es decir, reciben una educación desde una modelo positivista que recae en la matematización de las ciencias, y no contribuye a la construcción de una idea de ciencia como constructo social que permite explicar los fenómenos de la naturaleza traídos al aula de clase como situaciones de la cotidianidad.

La crítica fenomenológica señala que la ciencia moderna ha caído en una inversión ontológica, donde los modelos científicos abstractos y matemáticos se consideran "más reales" que la realidad cotidiana. La fenomenología busca revertir esto, devolviendo la prioridad ontológica a la experiencia humana común (los fenómenos y sus cualidades perceptuales-sensoriales) a *priori* a las abstracciones conceptuales.

¹Østergaard, et al. (2007; 2008) el mundo vital entendido como "el mundo pre-reflexivo de la experiencia cotidiana" se relaciona con uno de los mayores desafíos actuales para la enseñanza de las ciencias, y es que los estudiantes perciben la ciencia como algo ajeno y abstracto desconectado del mundo cotidiano; de ese modo el mundo vital se convierte en el punto de partida y el punto final de los procesos de aprendizaje, en esa misma línea los conceptos científicos adquieren un valor-significado relacional con la identidad y el ser de los estudiantes, de tal forma que la visión de ciencia se reconfigura de una carga a una fuente "inspiración" y el conocimiento científico es traducido al mundo "real" de los estudiantes trasladando la visión mecanicista-abstracta al plano de la realidad.

Para nosotros como docentes en práctica y en formación, el modelo de enseñanza de la ciencia debe cambiar desde una perspectiva ya acabada en la cual se presentan los conceptos como un producto del recorrido histórico, para presentarlos desde una construcción fenomenológica e histórico crítica que conlleve una comprensión amplia -no lineal- de las formas en cómo se edificó el conocimiento y se desarrolló el pensamiento científico atendiendo a los diferentes obstáculos epistemológicos, con el objeto de que los docentes tiendan un puente que conecte el saber científico con el saber cotidiano.

En concordancia con lo anterior, la siguiente cita resume la primera etapa de la construcción fenomenológica como propuesta de trabajo de investigación en torno a los fenómenos de acidez y basicidad.

La fenomenología en la enseñanza de las ciencias consiste en estudios de los fenómenos naturales que se abordan en las clases de ciencias, este enfoque centra la atención en este... además de, analizarlos y describirlos, estos estudios tienen un marcado carácter prescriptivo ya que sugieren cómo debe enseñarse la ciencia, en la medida en la que se basan en una fenomenología de la naturaleza sistemática elaborada e inspirada en el enfoque fenomenológico de la naturaleza de Goethe. (traducción libre de los autores (Østergaard, et al. 2008, p. 100)).

La fenomenología como base para la formación de conceptos no debe oponerse a la experiencia sensible como constructora del conocimiento científico, las primitivas fenomenológicas (experiencias corporales), desde esta perspectiva, son la base para la construcción de abstracciones que a través de un proceso de refinamiento decanta en el desarrollo y apropiación de conceptos científicos, en otras palabras, el proceso de enseñanza se ocuparía de que la experiencia cotidiana sufra una transformación gradual hasta adquirir la estructura del conocimiento científico.

Perspectiva Fenomenológica para la Enseñanza de los Fenómenos de Acidez y Basicidad

A continuación, se hará una descripción de la perspectiva fenomenológica y su relación con la enseñanza de las ciencias, teniendo en cuenta los aportes de algunos trabajos de investigación que hacen alusión al estudio de los fenómenos de acidez y basicidad, y que a nuestro criterio aportan una base didáctica a la propuesta de trabajo de investigación, porque brindan un soporte teórico y experimental sobre las

problemáticas relacionadas con el proceso de enseñanza-aprendizaje y las metodologías de abordaje para la comprensión de los fenómenos en las clases de ciencias.

Sandoval, et al. (2018) proponen una perspectiva fenomenológica para la enseñanza y el aprendizaje de conceptos químicos, en los que se establecen relaciones importantes entre la actividad experimental como parte estructurante de los procesos de conceptualización para la enseñanza de las ciencias, acudiendo a la fenomenología como perspectiva de análisis y estructuración de los fenómenos.

Además, subrayan que, a partir del análisis histórico-crítico de textos científicos se ha estudiado la dinámica de construcción de magnitudes que organizan la acidez de las sustancias, destacando el establecimiento de relaciones entre la identificación de cualidades, la construcción de magnitudes y de escalas de medida (Sandoval, et al. 2018. p 12)

Dentro de la perspectiva fenomenológica planteada, la experimentación no es suficiente para establecer relaciones entre efectos que permitan hablar de teoría, aunque el experimento tenga implícita la teoría, por lo cual se argumenta que existe una experiencia primaria que debe transformarse en una experiencia ordenada, en la cual se reflexiona y se producen delimitaciones, discriminaciones, ordenaciones y agrupaciones; operaciones que son fundamentales en la construcción de magnitudes y formas de medida de los fenómenos de interés.

Malagón, et al. (2011) destaca que hay 3 tendencias de experimentación en el aula: la primera hace referencia a recrear las condiciones científicas del experimento, en segunda existe una separación entre la enseñanza de las ciencias y la experiencia científica, y la tercera –la más acertada- que trabaja en estrecha relación con la construcción del fenómeno a partir de una problemática particular de la clase. Igualmente, destacan que existe una aparente dicotomía entre teoría y experimento generando oposiciones entre sujeto-objeto; cualitativo-cuantitativo; mundo sensible-mundo de las ideas; concreto-abstracto; y que la manera de romper con tales dicotomías está relacionada con el vínculo de la actividad experimental en la construcción de magnitudes, para lo cual se debe generar intervenciones específicas en el aula; es por esto que, se propuso la aplicación de una fenomenología ligada a la experiencia sensorial como una primera aproximación al fenómeno del cual se identificaron una serie de cualidades como el color, olor, textura, forma, sabor, etc., para llevar al estudiante a la reflexión, la generación de preguntas e hipótesis y finalmente a la

formulación de problemas que contengan explicaciones dinámicas y nuevas comprensiones.

Del mismo modo, Barragán y Ramírez (2013) mencionan que una de las problemáticas de la enseñanza de las ciencias reside en la dificultad de establecer una relación entre el conocimiento cualitativo y el conocimiento cuantitativo de un fenómeno, por lo cual, se debe dar particular importancia a la experimentación dentro de los procesos de enseñanza y aprendizaje, a partir de la construcción de fenomenologías que permiten procesos de organización y formalización de los fenómenos, igualmente, mencionan que la reflexión de la actividad experimental genera nuevas formas de explicación y comprensión de estos; por lo cual, la actividad experimental debe dejar de ser una actividad estandarizada, contingente, circunstancial o improvisada de las clases de ciencias, de tal modo que se han buscado alternativas que aporten al proceso de enseñanza de las ciencias en la que se cuestionan la no inclusión de procesos formales, como la racionalización matemática de fenomenologías; lo cual, no es pertinente debido a que se aleja de la práctica científica y suma dificultades a los procesos de enseñanza y aprendizaje.

Desde otro ángulo, teniendo en cuenta la resolución de problemas, (García 2003 como se citó en Muños y Muñoz, 2009) establece que hay dos tipos de problemas a los cuales se enfrentan los estudiantes, el primero hace referencia al grado de dificultad que se le presenta al individuo, y el segundo teniendo en cuenta el camino utilizado para su solución; los cuales pueden generar actitudes positivas en estudiantes frente a situaciones creadas en el aula, despertando interés y haciendo que ellos elaboren aprendizajes sustentados en el análisis fenomenológico. Siguiendo por la misma línea, se menciona la inclusión de la resolución de problemas y la contextualización de lo cotidiano en el proceso de enseñanza y aprendizaje de conceptos científicos, para este caso la enseñanza del concepto de neutralización; en el que se propone hacer un recorrido epistemológico sobre los términos ácido y base.

La construcción de fenomenologías debe trazar una ruta con base a la actividad experimental que traduzca y reconcilie las cualidades específicas de un fenómeno de estudio –lo cualitativo- a un lenguaje cuantitativo y abstracto como proceso de formalización del experimento (Barragán y Ramírez, 2013). Además, Østergaard, et al. (2008) cuando mencionan a Wagenschein y Faraday dado que estos utilizaron al mundo vital como puerta al conocimiento científico “el fenómeno es primero”, es decir, que no

hay que tratarlos como meras ilustraciones preexistentes de leyes, conceptos o teorías, sino como base para la comprensión científica.

Como lo sustenta Sandoval, et al. (2018) esta perspectiva fenomenológica es coherente para la enseñanza de las ciencias, porque se lleva a cabo la organización de cualidades, el diseño de escalas de intensidad de una cualidad y el establecimiento de magnitudes para la construcción de formas de medida.

Teniendo en cuenta lo anterior, en el presente trabajo de investigación se aplicará una perspectiva fenomenológica sobre los fenómenos de acidez y basicidad como base didáctica que propicie la relación entre lo experimental y teórico, es decir, se diseñará una ruta experimental que parta de la identificación de cualidades, la organización de escalas y la construcción de magnitudes para la comprensión de los fenómenos desde un nivel concreto –cualitativo- a uno abstracto –cuantitativo- con el objetivo de contribuir a la formación inicial docente y mejorar nuestra propia práctica.

Construcción Fenomenológica desde el Análisis Histórico-Crítico

Los estudios histórico-críticos como una alternativa para la contextualización de las ciencias permiten hacer una revisión de las fuentes primarias y entablar un diálogo con los autores originales dando como resultado la reconstrucción de fenómenos, que desde una perspectiva didáctica nutre el estado actual de la ciencia al reivindicar su papel social como una construcción colectiva y no individual del conocimiento científico; es por esto que, para la construcción fenomenológica de la acidez y basicidad se relacionará la identificación de cualidades, la organización de escalas y la construcción de medidas teniendo en cuenta la metodología de trabajo que tuvieron fuentes primarias (Boyle, Lavoisier, Arrhenius, Sörensen), en el caso particular de la acidez y la basicidad se presenta la oportunidad de realizar un análisis histórico que permitan la construcción de una ruta experimental donde se retomen las contribuciones de estos científicos apelando a la comprensión de los fenómenos y al aprendizaje crítico de las ciencias.

Muñoz y Muñoz (2009) hacen referencia a la resolución de problemas con base a la contextualización de las ciencias en lo cotidiano, igualmente, mencionan la importancia del análisis histórico-crítico del concepto de ácido en función a la clasificación de los fenómenos observables, haciendo alusión a que no se pueden estudiar sin antes realizar una contextualización, para lo cual retoman aspectos históricos como la importancia de los ácidos minerales -inorgánicos- y los ácidos

orgánicos desde los aportes de Boyle quien fue uno de los primeros en clasificar a los ácidos teniendo en cuenta algunas de sus cualidades (corrosivos, disolver metales, reacción con ácidos y bases, cambio de coloración con el licor de violetas).

Malagón, et al. (2011) hacen alusión a la importancia de los estudios de caso para examinar la dinámica histórica y experimental con dos diferentes perspectivas para el abordaje del experimento, una hipotético deductiva que busca validar teorías y es la que se usa en mayor frecuencia por los docentes, y otra inductiva en la que se busca generar conocimiento y el experimento toma una mayor importancia. La actividad experimental construida y orientada al estudio de los fenómenos a partir de la revisión de las proposiciones sobre la acidez y basicidad de fuentes primarias como Boyle, Lavoisier, Arrhenius y Sörensen en la que se encuentran aportes que permitan plantear actividades que conlleven a la ordenación y construcción de magnitudes.

Malagón, et al. (2011) hace una descripción epistemológica de las bases conceptuales que llevaron a la formación de la escala de pH, entre las cuales se encuentran aportes de Vant Hoff y Arrhenius en el que relaciona las soluciones con la disociación de un compuesto; al igual que de Faraday con la mención de la electricidad positiva y negativa y su relación con la masa del compuesto disociado; Kohlrausch con la ley de migración independiente y su trabajo en conjunto con Heydweiller para establecer constantes de disociación de ácidos y bases. Ambos autores utilizaron medidas de conducción eléctrica para determinar constantes de disociación, especialmente de la del agua; gracias a estas determinaciones se pudieron tratar las transformaciones de las sustancias en soluciones acuosas como equilibrios dinámicos; lo cual tuvo una posterior importancia para cuantificar las fuerzas de los ácidos y las bases basándose en la conductividad eléctrica como un paso previo necesario para la posterior formalización de la escala de pH.

Además, (Duhem, 1992 citado por Sandoval, et al. 2018), hacen la acotación de que, el objetivo de los estudios histórico-críticos no tienen como fin revivir a nuestros ojos las ideas de los primeros investigadores por lo cual se deja esta tarea al historiador de profesión y al psicólogo. Si se apela a la historia, es solamente para captar mejor el significado real y concreto de las fórmulas económicas que constituyen hoy la ciencia. Es decir, trata más bien de establecer un diálogo con los autores a través de los escritos analizados con miras a construir una estructuración particular de la clase de fenómenos abordados y una nueva mirada que permita ver viejos problemas con nuevos ojos.

Adicionalmente se destacan los siguientes aportes que tiene el estudio histórico-crítico de las ciencias:

- Analizar el origen y evolución de las ciencias cuestionando su carácter lineal y acabado que usualmente se enseña, resignificando su valor y liberándola de prejuicios.
- Recuperar prácticas y formas de organizar los fenómenos que han sido ignoradas o simplificadas en los textos escolares.
- Explorar nuevas formas de explicación y comprensión de los fenómenos químicos orientando la práctica experimental hacia la ampliación de la experiencia de los sujetos, más allá que a la simple repetición de montajes estandarizados.
- Identificar los obstáculos epistémicos que surgieron en el pasado científico para que los docentes se aproximen a identificar las dificultades que enfrentan los estudiantes para comprender un fenómeno.

Etapas para Construcción de una Ruta Experimental desde una Perspectiva Fenomenológica e Histórica-Crítica.

Malagón, et al. (2011) encuentran en la actividad experimental características como: la organización de efectos sensibles, la determinación de variables y conformación de relaciones; en el cual se quiere lograr la comprensión y percepción de los estudiantes frente a los conocimientos científicos, alcanzando así un aprendizaje intencionado.

Desde la perspectiva fenomenológica Malagón, et al. (2011) establece dos tipos de medición, la primera hace referencia a los criterios de igualdad y adición y se denomina medición fundamental; y la segunda, la medición derivada cumple con el criterio de comparación no directo, es decir se deriva de las unidades fundamentales que deben ayudar a comprender la propiedad fenomenológica en cuestión y la organización de sus características.

Malagón, et al. (2011) menciona que un primer paso es la clasificación de las cualidades del fenómeno de estudio, seguido de una ordenación de las cualidades por grados de intensidad, y finalmente la construcción de escalas de medida con diferentes grados de magnitud, por lo cual, la escala de medida adquiere un carácter dual, por un lado, cualitativo que hace referencia a una cualidad o propiedad considerada, y por el otro cuantitativo porque la cualidad puede ser pensada en grados o intensidades.

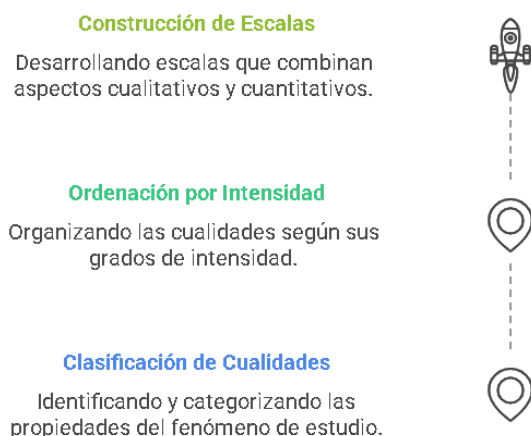


Imagen 1. Pasos para la ordenación y medición de cualidades para la construcción de escalas. Imagen generada mediante Napkin.ai (Napkin AI, Inc., 2026).

Identificación de las cualidades:

La identificación de las cualidades es un paso fundamental en la enseñanza de las ciencias desde una perspectiva fenomenológica, ya que constituye el punto de partida para que los estudiantes, los docentes en formación y en ejercicio puedan organizar su experiencia en la transición al conocimiento científico formal (Sandoval, et al, 2018).

El reconocimiento de cualidades permite diferenciar y delimitar el fenómeno que se desea estudiar a partir de la experiencia primaria, sensorial, lo que delimita el campo de estudio fenomenológico, de tal forma que adquiere especial importancia en la conciencia de quien lo analiza, por ejemplo, para el estudio de la acidez y basicidad, primero se deben identificar cualidades sensoriales como el cambio de coloración con indicadores vegetales. Como se menciona en Sandoval, et al. (2018) la cualidad proporciona los criterios para establecer la escala de medida, vincula aquello que se mide y el instrumento con el cual se mide, por lo cual, para el estudio de dicha cualidad en la primera etapa de la ruta experimental se trabajó con el cambio de coloración utilizando indicadores colorimétricos como el papel tornasol, rojo Congo y extracto de bayas de saúco.

Describir las cualidades de un fenómeno desde la perspectiva que se propone requiere representarlo a partir de signos y un lenguaje propio de los sujetos que participan de la experiencia sensorial, lo cual puede ser visto como una primera formalización y sistematización sobre el objeto de estudio, permitiendo que el sujeto pase de una percepción sensible común a una organización teórica estructurada; desde un punto de vista didáctico, centrarse en las cualidades permite que el sujeto deje de ser

un receptor pasivo de algoritmos y se convierta en un sujeto activo. Al identificar variables macroscópicas fáciles de percibir ocurre una ruptura de los modelos preestablecidos a través de la construcción y contraste de explicaciones, significados y conceptos científicos.

Organización por intensidades

El cambio de coloración no es suficiente para la construcción de una escala de acidez y basicidad, motivo por el cual es necesaria la medición de otra cualidad complementaria, de tal manera que, la identificación de cualidades se convierte entonces en una primera aproximación a la elaboración de escalas. Son las magnitudes una consecuencia de la organización de las cualidades como el paso previo para la construcción de instrumentos de medida (Malagón, et al. 2011).

Desde la epistemología ya se tienen caracterizados algunos conceptos que describen las propiedades de los ácidos y las sales como, por ejemplo, los ácidos y las bases fuertes presentan una alta conductividad eléctrica, mientras que los ácidos y bases débiles presentan menor conductividad, para los científicos de la época se tiene entonces un obstáculo debido a que ambas sustancias con pH distintos pueden tener conductividad similar si son fuertes o débiles, por lo cual se recurre a una forma de medición diferente a la de la conductividad eléctrica (Malagón, et al. 2011).

La construcción de magnitudes permite establecer una relación cuantitativa de la variación de la intensidad de una cualidad con respecto a la otra, enfrentado la dicotomía entre lo cualitativo y cuantitativo que hace parte de la naturaleza ambivalente del fenómeno². De ese modo, para la construcción de la segunda etapa de la ruta experimental se tomó como referencia la cualidad de la conductividad eléctrica, descrita en fuentes primarias como uno de los métodos primigenios usados para el estudio de la intensidad de los electrolitos presentes en ácidos y bases, de ahí que la construcción una magnitud no es un punto de partida, sino un punto de llegada. Este proceso es una consecuencia directa de la organización de las cualidades desde las cuales se ha caracterizado el fenómeno.

Para la construcción de magnitudes es determinante ordenar por intensidades la cualidad como proceso intermedio para pasar de lo cualitativo a lo cuantitativo; desde

² Toda magnitud posee un doble carácter: es cualitativa, porque refiere a una cualidad específica del sistema, y es cuantitativa, porque dicha cualidad es susceptible de ser detectada en grados o intensidades (Malagón, et al. 2018 – capítulo 4).

ese punto de vista, se describe a la intensidad como el medio para proponer una magnitud, por lo cual, es necesario establecer un punto de referencia -bajo unas condiciones establecidas- que conlleven a hacer ordenaciones (comparaciones) y formular posibles escalas. Por ejemplo, la cualidad de la conductividad eléctrica permite organizar por intensidades a los ácidos y bases dependiendo de su grado de disociación, sin embargo, esta cualidad no es suficiente para la construcción de una escala y un instrumento de medida estandarizado.

Desde un marco didáctico el trabajo conjunto entre la identificación de cualidades y la construcción de magnitudes, permite a los docentes y estudiantes comprender la importancia de la perspectiva fenomenológica³ a partir de una aproximación rigurosa en la elaboración de una escala funcional de la acidez y basicidad para analizar los fenómenos; las cualidades de color y conductividad eléctrica son complementarias, lo que permite relacionar la intensidad del color y el grado de disociación de las sustancias con su comportamiento fisicoquímico, ahondando al mismo tiempo en la reconstrucción histórico-crítica de los aportes y experimentos trabajados por diversos científicos.

Construcción de formas de medida:

La construcción de formas de medida desde una mirada fenomenológica, permite formalizar los fenómenos fisicoquímicos porque actúa como un puente de conexión entre la experiencia sensible y la teorización científica, el diseño de instrumentos no se convierte en un proceso puramente técnico, sino en la concreción de la identificación de cualidades a través de la percepción sensorial y la construcción de magnitudes modelada mediante la ordenación por intensidades, lo que da lugar a hablar del fenómeno con consistencia por intermedio de la construcción de escalas o instrumentos de medida.

Existe una relación bidireccional entre los instrumentos y la conceptualización en química. Por un lado, los instrumentos tienen la capacidad de validar, modificar y/o refutar teorías y, por el otro, la conceptualización sirve como guía para el diseño y uso

³ La perspectiva fenomenológica trabajada por Østergaard, et al. (2007; 2008) sobre la inversión ontológica, sugiere que al observar los fenómenos se cambia de forma implícita el método para analizarlos y comprenderlos, en este caso, para el diseño de procesos de enseñanza aprendizaje de las ciencias, se privilegia la aplicación del método inductivo a partir del cual la sistematización de las observaciones aproxima al sujeto a deducir las proposiciones científicas formales, contrario a los procesos tradicionales en el cual las leyes, teorías y conceptos influyen en la observación del fenómeno.

de instrumentos. De esa manera, los fenómenos están ligados en un principio a teorías y leyes específicas de un campo de estudio, el cual, a partir de la experimentación y desarrollo de instrumentos es susceptible de cambios en su interpretación, por tanto, la conceptualización es temporal y limitada a la reinterpretación del objeto de estudio.

La construcción de la medida y del aparato de medida conlleva a formalizar una cualidad del fenómeno, superando las ambigüedades iniciales de la primera aproximación sobre la identificación de cualidades y la ordenación por intensidades, lo que de manera intrínseca implica la construcción de un lenguaje, puntos de referencia (patrones) y ordenaciones que redefinen al fenómeno de estudio.

Malagón, et al. (2011) explica que no se tiene en cuenta la corriente eléctrica y en cambio se mide la fuerza electromotriz total producida entre dos electrodos, una solución patrón y una sustancia problema, en el cual a partir de su la relación de la fem (fuerza electromotriz) y la fuerza de acidez, se puede expresar una medida de acidez, dando como resultado el pH. La construcción epistemológica de la escala de pH permite al estudiante identificar formas de organización y explicar de forma consciente la fenomenología.

La forma de medida se convierte, en ese sentido, en el punto de llegada de la propuesta fenomenológica e histórico-crítica de la acidez y la basicidad, que desde una perspectiva didáctica crea condiciones para que los sujetos se relacionen de forma activa con el fenómeno a partir de la construcción de abstracciones producto del paso de lo concreto a lo teórico, caracterizando los procesos de formación en actividades científicas que permiten construir significados, sugerir explicaciones, hacer comprensible dicotomías, diseñar instrumentos y la superación del experimento como un método de verificación en respuesta a las metodologías tradicionales que comprenden a la ciencia como un producto acabado y no como una construcción social.

Etapas para la construcción de una ruta experimental



Imagen 2 Etapas para la construcción de una ruta experimental desde una perspectiva fenomenológica e histórico-crítica. Imagen generada mediante Napkin.ai (Napkin AI, Inc., 2026)

De acuerdo con lo anterior:

Hay que considerar que el análisis y caracterización de los procesos de conceptualización, síntesis y teorización implicados en la constitución de dominios fenomenológicos y conformación de nuevos campos fenoménicos, son un importante objeto de estudio para el planteamiento de alternativas pedagógicas mediante las cuales se generen condiciones para dinamizar procesos tendientes a recuperar, ampliar y organizar la experiencia de los sujetos en el aula de ciencias (Sandoval, et al, 2018, p. 42).

Un ejemplo de aplicación como estrategia didáctica fue una prueba de ideas previas y una serie de intervenciones entorno a una situación cotidiana propuesta por Muños y Muñoz (2009) sobre la acidez estomacal en la que se concluyen, que es importante tomar como base aspectos cotidianos para el desarrollo de este tipo de estrategias, al igual que realizar análisis histórico-críticos y el uso adecuado de lenguaje y terminologías ligadas a la implementación de actividades de interés.

En conclusión, se recurre a la resolución de problemas contextualizados en el entorno cotidiano de los estudiantes, tratando de incluir y provocar la motivación del estudiante frente a conceptos científicos sustentados en la explicación y solución de problemas de forma coherente y estructurada.

Desde este punto de vista, surge el interés de desarrollar una ruta experimental que tenga las tres etapas de la perspectiva fenomenológica, la cual se orientará en una primera parte a la identificación de cualidades ácidas y básicas en diferentes disoluciones a través de los órganos de los sentidos, específicamente el cambio de coloración; en una segunda parte, se tomará como cualidad la conductividad eléctrica y se organizarán las disoluciones en función a su intensidad considerando el cambio de concentración; y en una última parte se utilizará la diferencia de potencial como cualidad que determine el grado de acidez y basicidad de las diferentes disoluciones lo que permita organizarlas y clasificarlas en una escala.

Justificación.

En la enseñanza de las ciencias naturales, la actividad experimental desempeña un papel importante y se constituye en una vía efectiva para la enseñanza de estas ciencias, que permite vincular los planteamientos teóricos y la práctica. Sin embargo, vale la pena preguntarse por la orientación que se da y que puede darse a la actividad experimental en el aula en la enseñanza de estas disciplinas (Malagón, et al. 2011). En este sentido, la perspectiva fenomenológica para el estudio de los fenómenos busca el desarrollo de procesos cognitivos de nivel superior, por lo cual, la preparación de los sujetos a través de diferentes actividades previas junto a la construcción de escalas de medición -incluso aparatos- conllevan a procesos pedagógicos exitosos.

Igualmente, tomando en cuenta la actividad experimental como eje transversal de los procesos de enseñanza aprendizaje, uno de los problemas -como lo menciona Barragán y Ramírez (2013)- de la enseñanza de las ciencias reside en la dificultad de establecer una relación entre el conocimiento cualitativo y el conocimiento cuantitativo, dicotomía que como lo plantea Malagón, et al. (2011), está relacionada y puede resolverse sacando provecho del vínculo de la actividad experimental en la construcción de magnitudes, para lo cual se deben generar intervenciones específicas en el aula.

Del mismo modo, es importante reflexionar sobre las intenciones de la experimentación en el aula de clase y el papel de las ideas previas de los jóvenes

“mundo real” que dificulta el proceso de enseñanza-aprendizaje, por lo cual, se debe generar estrategias previas -organización de las cualidades que promuevan un campo fecundo para el trabajo fenomenológico que se preocupa no sólo por lo experimental, sino por lo epistemológico y didáctico en función a la comprensión y estudio de un fenómeno en particular. Esto no quiere decir que la clase de ciencias únicamente deba estar orientada a la construcción de escalas e instrumentos, sino sacar provecho de la experimentación teniendo en cuenta que aporta: La producción, análisis y organización de efectos sensibles; La determinación de variables y conformación de relaciones entre éstas como expresión de la organización lograda de los efectos percibidos (Malagón, et al, 2011).

Además, los estudios histórico-críticos posibilitan cuestionar las ideas del trabajo científico, lo que amplía la visión en contraposición de las versiones simplificadas, reduccionistas, absolutas, acumulativas, lineales y empírico-positivistas de la ciencia y la actividad científica, las actitudes que pueden desarrollarse a partir de la enseñanza de las ciencias con una visión histórica son las que se relacionan con la creatividad, la solidaridad, iniciativa, las ganas de saber más, la responsabilidad de las acciones propias y colectivas (Izquierdo, 1994).

Por la misma línea, referencian en concordancia con Izquierdo que el análisis histórico-crítico ayuda a superar la clásica historiografía empírico-positivista que concibe tales hechos como descubrimientos propuestos por mentes geniales, aleja a la historia de las ciencias del tradicionalismo que únicamente con la elaboración de tareas o consultas sobre determinados experimentos o biografías científicas, de ese modo el experimento puede ser el instrumento para construir explicaciones de los fenómenos generando un cambio en la concepción de ciencia positivista por una imagen de ciencia como actividad cultural (Caro y Mosquera, 2015. p 92)

Es así como en un primer momento la posibilidad de organizar los fenómenos de la acidez y de la basicidad un terreno fecundo para comprender el comportamiento de las sustancias en relación con la organización de cualidades. Para tal organización se pueden usar criterios de organización como la utilización de indicadores que cambian de color (Barragán y Ramírez, 2013. P 46).

La producción de hidrógeno cuando se reacciona con metales, la producción de sales cuando se mezcla un ácido con una base (Lavoisier citado por Arrhenius, 1912). En este sentido, la acidez no es una cualidad en sí misma, sino que está en relación con

los comportamientos que exhiben las sustancias. Este desarrollo fenomenológico, que generalmente es puesto en un segundo plano en la educación básica y en las concepciones alternativas de los maestros en formación en ciencias (Gallego, et al. 2023), da argumentos no sólo de lo que puede ser considerado como ácido o base, sino que se relaciona con cuestionar estas como propiedades de las sustancias opuestas entre sí (Malagón, et al. 2011).

Igualmente, permite plantear tres ejes íntimamente relacionados para la estructuración y análisis de la actividad experimental en el aula: uno, la organización de las cualidades, la construcción de magnitudes y la elaboración de formas de medida; dos, la ampliación de la base fenomenológica, y tres, el planteamiento de problemas conceptuales. (Malagón, et al. 2011).

Teniendo en cuenta que el proceso de enseñanza y aprendizaje tiene dos actores fundamentales, estudiantes y profesores, por un lado, se requiere que los profesores enseñen a sus estudiantes a: distinguir entre modelos y la realidad; aprender a cambiar la referencia desde el mundo macroscópico a las representaciones simbólicas y submicroscópicas; que se convenzan a sí mismos de que la acidez no es una propiedad intrínseca de materia; centrar la atención en la comprensión conceptual y no en cálculos algorítmicos; centrar la atención en ejemplos cotidianos relacionados con ácidos y bases; y reconocer la polisemia del lenguaje (Alvarado, et al. 2013); por otro lado, se requiere que el docente tenga claridad y entendimiento frente a los diferentes conceptos y que utilice dentro de sus propuestas de enseñanza una perspectiva histórica y epistemológica de los fenómenos de acidez, basicidad y pH dándoles la misma importancia a cada uno estos conceptos.

Según lo anterior, el docente es quien juega un papel importantísimo en la estructuración del conocimiento y es por ello que se deben centrar los esfuerzos en el desarrollo de herramientas didácticas y discursivas que le permitan poseer una comprensión global y contextualizada sobre la realidad del concepto –que enseña-, para poder traducirlo en un lenguaje educativo entendible para el estudiante, por consiguiente, también el docente en su práctica debe tener la capacidad de identificar las concepciones alternativas que van surgiendo en los estudiantes y de ese modo retroalimentar el proceso educativo (Jiménez, et al. 2015).

También, se argumenta: “Que los profesores de ciencias a menudo juzgan mal la relación entre experimento, fenómenos observados y teoría, ya que no tienen en cuenta cómo se producen los fenómenos en el laboratorio por la actividad de los estudiantes.

No hay ninguna garantía de que los fenómenos producidos, observados e interpretados por los estudiantes sean los mismos que los fenómenos canónicos de la ciencia que el profesor quiere que observen” (Traducción libre de los autores (Østergaard et al. 2008, p. 105) por la misma línea, (Roth et al. 1997 citado por Østergaard, et al. 2008) sugiere que los profesores también tenemos interpretaciones canónicas y que en lugar de rechazar o desatender las observaciones no canónicas de los estudiantes, los profesores deben establecer metodologías en el que las interpretaciones puedan ser debatidas y contrastadas con los puntos de vista canónicos, que el propio profesor puede aportar.

De acuerdo con lo anterior la propuesta de investigación que planteamos estará orientada al análisis histórico-crítico del fenómeno de acidez y basicidad en torno a la construcción de la escala de acidez, a partir del diseño de una ruta experimental desde una perspectiva fenomenológica, teniendo en cuenta la clasificación de cualidades, la ordenación por intensidad, la construcción de escalas de medida y un instrumento para medir la diferencia de potencial de las sustancias, la propuesta está orientada a docentes en formación atendiendo a la necesidad de mejorar las prácticas educativas y el ejercicio docente en función a los conceptos de acidez y basicidad

Planteamiento del Problema

Como se menciona en Gallego, et al. (2023) los estudiantes, los docentes en formación y los docentes en práctica tienen una visión de ciencia caracterizada por considerarla como un descubrimiento y no como una construcción de conocimientos, basada en el empirismo-positivismo en los que se ignoran el papel de los problemas en el desarrollo de la ciencia, además, una visión de ciencia formalista, constituida básicamente por fórmulas cuya aplicación mecánica permite resolver problemas, un planteamiento lineal y acumulativo del desarrollo científico, una imagen de ciencia alejada del contexto histórico (Solber y Traver citados por Alméciga y Muños, 2013)

Adicionalmente, una de las dificultades de la educación tradicional positivista es que le asigna al experimento un rol verificador de las teorías y que conciben al estudiante bajo un rol semejante al científico, la experimentación sustancial, estandarizada o improvisada (Caro y Mosquera, 2015).

Un ejemplo de lo mencionado se refiere en el trabajo realizado por Caro y Mosquera (2015) sobre el fenómeno de la basicidad, el cual es incapaz de trascender la cotidianidad del estudiante y solo se relaciona con lo establecido en el libro de texto, por

lo que la ejemplificación de sustancias básicas se limita a las empleadas en el laboratorio de química, y, además, se reduce la explicación del concepto de pH al cálculo matemático del potencial de hidrogeniones de las sustancias ácidas.

Adicionalmente, muchas de las concepciones de los estudiantes, los docentes en formación y en práctica son permeadas por la publicidad, por lo cual, resulta útil diseñar currículos o planificar los modos de enseñanza a partir de dichas concepciones (Jiménez, González y Salinas citado por Caro y Mosquera, 2015); del mismo modo se tiende a pensar que una base es todo lo contrario a un ácido, que las sustancias básicas no son peligrosas, que una base es todo aquello que neutraliza a un ácido (Matute citado por Caro y Mosquera, 2015).

Teniendo en cuenta lo anterior se pueden establecer que existen dificultades en los procesos de enseñanza y aprendizaje de los conceptos de acidez y basicidad, se han encontrado que existen un cumulo de concepciones alternativas que por un parte, provienen del lenguaje cotidiano, los medios de comunicación y la publicidad; y por otra, propias del proceso de enseñanza que se pueden atribuir a las concepciones de ciencia que tiene los docentes y que son transmitidas a los estudiantes en los procesos formales de educación.

Estas concepciones en particular están permeadas por una lógica empírico-positivista y es por esto, que plantear una metodología de trabajo desarrollada desde una perspectiva histórico-crítica para la construcción fenomenológica y experimental alrededor de los conceptos de acidez y basicidad puede contribuir a una visión de ciencia cercana al mundo real para el estudiante y no alejada del proceso científico para el docente; además genera propuestas que buscan cambiar la práctica docente orientándola a la reconstrucción de la actividad científica desde una perspectiva constructivista que desde nuestra consideración fortalecería la formación Docente.

En la misma línea Østergaard (2008) propone introducir a la fenomenología como una estrategia de resistencia a la inversión ontológica, la cual debe atravesar una serie de fases metodológicas para abordar los fenómenos desde la construcción de una imagen rica de sus cualidades y de potencial científico que permitan el tránsito y reflexión de la experiencia sensible a la conceptualización científica.

Teniendo en cuenta lo anterior se plantea la siguiente pregunta problema: ¿Cómo contribuye un estudio histórico-crítico sobre los fenómenos de acidez y basicidad desde una perspectiva fenomenológica a la revisión y transformación de la práctica docente?

Objetivos

Objetivo General

Construir una ruta experimental que desde una perspectiva fenomenológica abarque la identificación de cualidades, la construcción de escalas y el diseño de aparatos de medida, con un enfoque histórico-crítico que contribuya a establecer relaciones conceptuales sobre la acidez y basicidad en la formación docente.

Objetivos Específicos

- Realizar una reconstrucción histórico-crítica acerca de los conceptos de acidez y basicidad a través del análisis de contenido de textos originales – fuentes primarias- que aporten en una base conceptual y metodológica a la construcción de la ruta experimental.
- Diseñar una ruta experimental desde una perspectiva fenomenológica e histórico-crítica que contenga los siguientes aspectos metodológicos, identificación de cualidades, construcción de magnitudes y construcción de formas de medida.
- Recopilar y analizar la producción escrita de textos argumentativos de un grupo de docentes en formación, a través de la aplicación de la ruta experimental utilizando como método el análisis de contenido, para evaluar la pertinencia de la ruta experimental en articulación con la perspectiva fenomenológica e histórico-crítica

Metodología

La presente investigación se enmarca dentro del enfoque metodológico cualitativo y el paradigma interpretativo, específicamente se hará uso del análisis de contenido, ya que, en conjunto sustentan una postura epistémica orientada a la comprensión profunda de los fenómenos en la que se aplica un procedimiento metodológico que utiliza palabras, textos, discursos, dibujos e imágenes para entender la vida social a través de los significados que los propios sujetos construyeron. Por tanto, el análisis de contenido estará nutrido de información detallada y profunda sobre

la experiencia humana y social en el contexto histórico del desarrollo de los conceptos y fenomenologías asociados a la acidez y basicidad, en la que se hace un esfuerzo -como investigadores- por despojarse de prejuicios, convicciones y preconcepciones teóricas para no deformar la interpretación del objeto de estudio (Sánchez, 2019).

Este enfoque se caracteriza por su lógica inductiva, en la que el investigador parte de datos particulares (textos o discursos específicos) para llegar a una comprensión global, aceptando que sus hallazgos son legítimos y fiables para el contexto particular analizado, aunque no necesariamente generalizables en un sentido estadístico. Por lo tanto, el análisis cualitativo bajo este paradigma es una forma alternativa de generar conocimiento científico que rescata la riqueza de la condición humana (Sánchez, 2019).

Para este trabajo de investigación se hace una descripción profunda de los fenómenos, donde se comprenda y explique a través de la aplicación de métodos y técnicas las concepciones derivadas y los fundamentos epistémicos que conducen a la elaboración de un análisis histórico-crítico mediante la revisión de fuentes primarias de científicos como Lémery (1645-1715), Boyle (1691), Arrhenius (1884), Cremer (1906), Haber y Klemensiewicz (1909) y Sørensen (1909) sobre la acidez y basicidad.

A partir del análisis histórico-crítico de fuentes primarias -y secundarias- se identificaron los aspectos centrales para la construcción de una ruta experimental desde una perspectiva fenomenológica siguiendo las proposiciones de Østergaard, et al. (2007, 2008) sobre la introducción de la fenomenología a la enseñanza de las ciencias como una herramienta pedagógica y didáctica para la comprensión de los fenómenos de la naturaleza, del mismo modo, siguiendo a León (2023), Malagón, et al. (2011), Muñoz, et al. (2009) y Sandoval, et al. (2018) que relacionan los conceptos de acidez y basicidad desde un abordaje fenomenológico que contempla tres aspectos fundamentales: la identificación de cualidades, organización de intensidades y la construcción de formas de medida, de tal modo, que cada una se convierte en un criterio para abordar la acidez y basicidad.

De acuerdo a lo anterior, se describen dos propósitos estructurantes, el primero orientado a la creación de una ruta experimental en consonancia con la perspectiva fenomenológica y el enfoque histórico-crítico para que los docentes en formación reflexionen desde una mirada constructivista sobre el uso de la fenomenología como

herramienta para la comprensión de los fenómenos del entorno y su aplicación en el aula de clase. De esa forma se trabajará con un grupo de docentes en formación, específicamente, 10 estudiantes voluntarios de tercer semestre (2025-2) de la licenciatura en química de la Universidad Pedagógica Nacional.

Un segundo propósito por parte de los investigadores está relacionado con la reflexión de la propia práctica docente en la búsqueda de adquirir una mejor interpretación de los fenómenos, y de esa manera desarrollar propuestas didácticas nutridas por aspectos históricos y epistemológicos enfocados desde la perspectiva fenomenológica.

En concordancia con los planteamientos de Østergaard sobre la introducción de la fenomenología como enfoque didáctico para disminuir la brecha entre el mundo vital de los sujetos y los conceptos científicos, el desarrollo metodológico de la investigación requiere transitar por cuatro fases:

Primera fase: corresponde al análisis histórico-crítico de los fenómenos y conceptos de acidez y basicidad en fuentes primarias y secundarias de científicos como Arrhenius (1884), Cremer (1906), Haber y Klemensiewicz (1909) y Sørensen (1909). A través de lo cual se busca desarrollar una imagen rica del fenómeno que, siguiendo la línea de Sandoval et al. (2018), se refiere a conocer a profundidad las características epistemológicas de los fenómenos de acidez y basicidad. Para ello, se analizarán las experiencias y reflexiones de los primeros autores que delimitaron y definieron estas sustancias a través de sus cualidades, como un campo fértil para la construcción de proposiciones, modelos explicativos, desarrollos técnicos y teóricos orientados a su comprensión desde un enfoque fenomenológico.

Segunda fase: diseño de la ruta experimental en la que se tiene en cuenta la identificación de las cualidades, organización por intensidades y la construcción de formas de medida.

- 1) Para la identificación de cualidades, se utilizó un extracto de bayas de Sauco, *Sambucus nigra L*, para apreciar los cambios de coloración y agrupar las sustancias en ácidas, básicas y neutras, es decir, a partir de lo sensorial se construye una primera formalización del fenómeno.
- 2) Para la organización por intensidades, se tuvo en cuenta los resultados del color y se harán pruebas de conductividad para la clasificación, comparación

y ordenación de las sustancias, el propósito es conocer la conductividad de las soluciones de trabajo en dilución para establecer una relación de ordenación entre la intensidad eléctrica y el color.

- 3) Para la construcción de formas de medida, se trabajó con la diferencia de potencial como cualidad que relaciona la concentración de iones hidrógeno con el voltaje, lo que permitirá plantear una escala empírica con las soluciones de trabajo, como una aproximación a las bases experimentales y teóricas de un aparato de medida de la acidez y la basicidad.

Una vez enriquecida la imagen del fenómeno y definidas las cualidades de estudio, se transita hacia el diseño de una ruta experimental. Esta ruta articula las cualidades para el desarrollo fenomenológico y, a través de su estudio mediante miniproyectos, estas adquieren un carácter de potencial científico tanto para los docentes investigadores como para los docentes en formación, pues pueden vincularse y evolucionar desde la experiencia sensible hacia conceptos científicos formales. Durante el proceso de desarrollo experimental se incorporan otras formas de organizar el fenómeno que impactan en el fortalecimiento de la práctica docente y en la concepción de la ciencia.

Tercera fase

Implementar la ruta experimental con un grupo de docentes en formación, la cual constará de cinco actividades secuenciales, la primera y cuarta corresponderán a un organizador gráfico; la segunda y tercera a dos miniproyectos en concordancia a la segunda fase. En el primer miniproyecto se abordará la identificación de cualidades y la organización por intensidades, y en el segundo la construcción de formas de medida, finalmente, los docentes en formación, elaborarán un texto argumentativo que sintetice cómo las cualidades del color, la conductividad y la diferencia de potencial permiten la construcción de formas e instrumentos de medida como base para la comprensión de los fenómenos de acidez y basicidad, evaluando de ese modo la incidencia de la perspectiva fenomenológica y el análisis histórico-crítico.

En ese sentido al implementar la ruta experimental diseñada se establece un nexo para corroborar los planteamientos teóricos y metodológicos en torno a que los sujetos construyen sus propias proposiciones lógicas sobre los fenómenos de estudio, en comparación con los constructos cognitivos ya establecidos sobre ellos. Igualmente,

para revisar la trazabilidad de la aplicación de la ruta, se plantea la construcción de organizadores gráficos como estrategia para conocer la percepción de los fenómenos antes y después del desarrollo experimental. En ese sentido, a los sujetos en formación se les presenta un espectro amplio de posibilidades de experimentación, en disonancia con las prácticas tradicionales que pueden ser abordadas en el aula.

Cuarta fase

Análisis del contenido, se construyeron los criterios que permiten triangular la relación que tienen las cualidades de una sustancia, los fenómenos de acidez y basicidad, y los aportes de las fuentes primarias para lo cual se reflexiona sobre los organizadores gráficos (síntesis de mapas), los miniproyectos y el texto argumentativo. A partir de estos criterios se evaluará el aporte de la ruta experimental desde de dos ángulos, uno relacionado con en la construcción de relaciones conceptuales sobre la acidez y basicidad en docentes en formación, y el segundo, relacionado con la contribución que el trabajo de investigación pueda hacer sobre la metodología didáctica de los docentes investigadores a partir de la comprensión que ellos adquieran sobre la perspectiva fenomenológica de los conceptos de acidez y basicidad, al igual que del análisis histórico-crítico

Finalmente, a través análisis de la información obtenida en la aplicación, se buscará dar respuesta a la pregunta de investigación relacionando los cambios conceptuales de los docentes en formación que abarcan el componente químico desde un enfoque fenomenológico, así como las implicaciones de las formas de abordar la acidez y la basicidad que inciden en su traslado al aula, con el propósito de nutrir la reflexión pedagógica de los docentes investigadores sobre la cuestión que circunscribe al proyecto de investigación —que, entre otras cosas, reflexiona sobre la incorporación de elementos para comprender por qué la ciencia adquiere un valor de actividad humana dinámica y no como una ciencia lineal en la que se debe superar el trabajo algorítmico—. Con ello, se propone la fenomenología y los estudios histórico-críticos como una herramienta que, a través de secuencias estructuradas, formaliza los conceptos construidos desde experiencias sensibles y contextualizadas, dotándolos de un carácter más real que los conceptos impuestos.

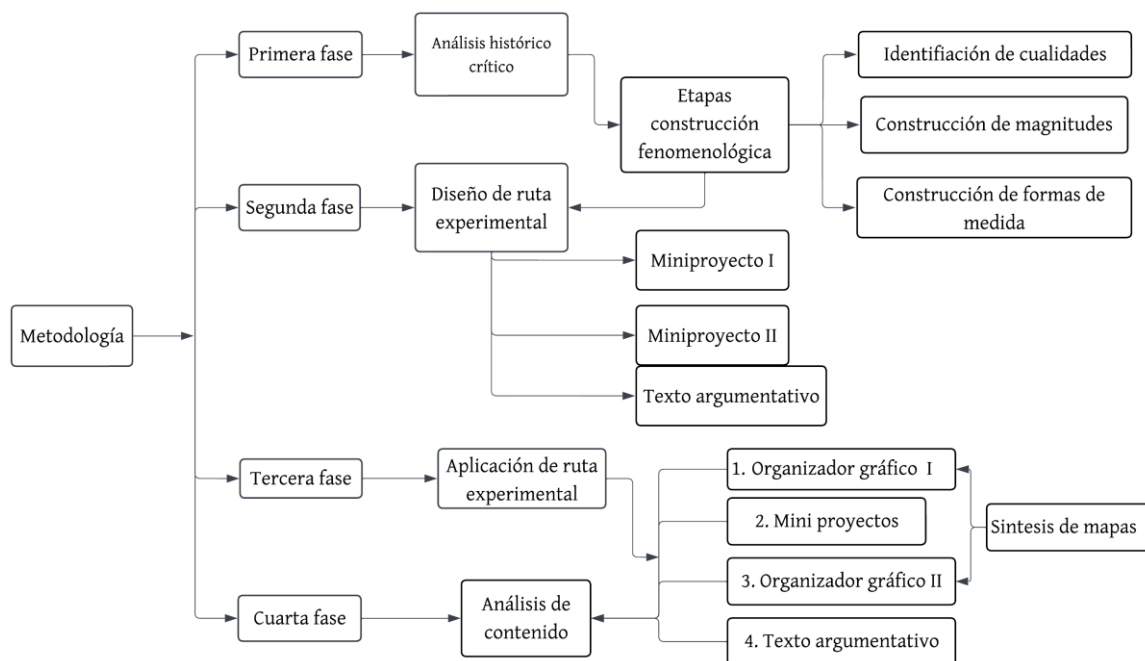


Imagen 3. Fases metodológicas.

Primera Fase

Análisis Histórico-Crítico de los Fenómenos de Acidez y Basicidad

Para comprender el concepto de acidez y basicidad es importante hacer un análisis histórico y epistemológico por las diferentes teorías que de una forma u otra han contribuido a su desarrollo, por lo cual, a continuación, se hará un breve recorrido por las propuestas de: Demócrito con la teoría corpuscular, la representación de Lémery de la actividad de los ácidos y bases, también Boyle quien hizo una primera caracterización de sustancias ácidas, alcalinas y neutras, pasando por Lavoisier y Richter sobre el papel de la afinidad en las disoluciones, Kohlrausch y su trabajo sobre el movimiento independiente de los iones, Ostwald y su trabajo sobre la conductividad y la constante de la disociación del agua aplicando la ley de acción de masas propuesta con anterioridad por Guldberg y Waage, a la teoría de Arrhenius sobre la disociación electrolítica de los iones y por último, a Cremer, Haber y Klemensiewicz con el instrumento para la medida de la acidez y basicidad, y Sørensen con su propuesta de escala de pH.

Cabe aclarar que el análisis histórico-crítico consta de tres etapas, sin embargo, en el fundamento teórico del proyecto se menciona a las “propiedades según su

composición” como una parte fundamental de la historia que no puede ser obviada, si no que, para fines prácticos de nuestra investigación no es tomada en cuenta dado que el alcance histórico y fenomenológico que pretendemos nos sitúa hasta los planteamientos de Arrhenius culminando con Sörensen, por lo cual, las teorías de Bronsted- Lowry y Lewis (posteriores) no hacen parte estructurante de la ruta experimental a plantear. Cabe anotar como lo menciona Da Silva y Alfonso (2007):

“Para los físicos y químicos de la época, la noción de pH no provocó gran entusiasmo, no pasó lo mismo en la biología y la medicina, que se perdieron en la filosofía y en la poesía, sin detenerse en el rigor científico, lo que se les explica que se les debieran tantos trabajos sobre el pH” (Traducción libre de los autores, p. 233).

Es decir, el concepto no surge por una preocupación de la química y de la física, sino que por el contrario fue duramente criticado por estos dadas sus limitaciones a la vista de los progresos de las ciencias hasta el momento. Por otra parte, fueron los biólogos y enzimólogos quienes en la búsqueda de medir la incidencia de las concentraciones de iones hidrógeno en sistemas biológicos trabajaron para la construcción de una escala de medida reproducible y fiable, en contraposición a los métodos experimentales de la época los cuales presentaban dificultades experimentales y complicaciones en el manejo matemático.

Históricamente, las primeras señales del uso de sustancias alcalinas datan de casi 3000 años a.C. en Babilonia, donde se encontraron restos de aceites mezclados con cenizas vegetales alcalinas, señalan que son cerca de 5000 años de desarrollo del proceso de manufactura de jabón en Oriente Medio, de los que se conoce perfectamente el uso de álcalis extraído de cenizas de algunas plantas (Cortés, et al. Citado por Firpo, 2020).

Identificación de cualidades

En este apartado se describirán las percepciones sobre las cualidades sensoriales que tuvieron algunos científicos en relación con el comportamiento de los ácidos y las bases, que posteriormente sirvieron de soporte y dieron paso a la construcción de escalas.

Como se menciona en Arrhenius (1912), una de las primeras teorías que aborda el concepto de acidez y basicidad fue la llamada teoría corpuscular, la cual fue propuesta por Demócrito (460 a. C.) y posteriormente trabajada por Boyle (1691), la

que consideraba que las partículas que estructuraban la materia tenían diferentes características mecánicas relacionadas a su comportamiento macroscópico, posteriormente, estos comportamientos fueron explicados por Lémery (1645-1715), el cual proponía que las partículas ácidas estaban provistas por puntas afiladas que le daban su carácter ácido en relación a su comportamiento como el picor ocasionado a los órganos de los sentidos, y que las bases estaban dotadas con una serie de intersticios en los cuales los ácidos encajaban sus puntas -similares a un engranaje mecánico-, y estas a la vez, se rompían desactivando su función punzante, de modo que los ácidos perdían sus propiedades disolventes y de este proceso resultaba la formación de sales.

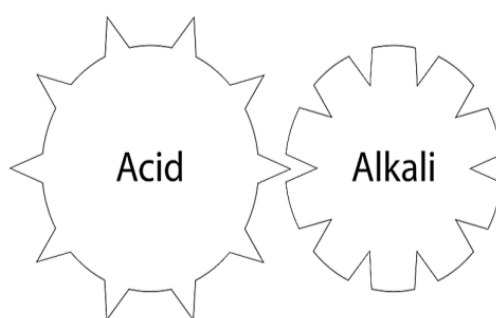


Imagen 4. Representación gráfica de ácido y álcali según Lémery, tomado de León, 2023, pág. 22.

Es importante mencionar el trabajo realizado por Boyle sobre la descripción de percepciones sensoriales en las que identificó el escozor, calor, irritación, resequedad, enrojecimiento y hasta hormigueo de sustancias ácidas y alcalinas; también construyó un indicador colorimétrico a partir del licor de violetas, con el cual realizó una primera clasificación de sustancias ácidas, álcalis y neutras (Tresguerres citado por León, 2023).

Igualmente, Boyle dejó registro de extractos de plantas que podían cambiar de color en cuanto se ponían en contacto con ácidos y álcalis, además, se refirió a las propiedades de los ácidos y de los álcalis de la siguiente manera: los álcalis son resbaladizos y tienen la capacidad de disolver aceites; y los ácidos son picantes y corrosivos capaces de disolver muchas otras sustancias (Firpo, 2020). Las afirmaciones de Boyle estuvieron soportadas en la observación de elementos no metálicos que contenían oxígeno y generaban, al quemarse, óxidos que se disolvían en agua formando ácidos (Bascuñán citado por Firpo, 2020).



Imagen 5. Identificación de cualidades. Imagen generada mediante Napkin.ai (Napkin AI, Inc., 2026)

Propiedades de Ácidos y Bases Según su Composición

En esta sección, se describirán los aspectos relacionados con la composición de los ácidos y bases a partir de su comportamiento químico, lo cual desde nuestro punto de vista fenomenológico no se cataloga como una cualidad que permita su organización en escalas y medidas.

Lavoisier en 1779 propuso que las sustancias ácidas contenían en su estructura oxígeno y que este era quien le confería sus propiedades ácidas y reactivas, es por esto que Lavoisier acuñó el término *oxígeno* utilizando la raíz griega "oxys" que hace referencia a la formación de ácidos, esto lo descubrió al disolver ciertos óxidos de no metales en agua de los cuales se obtenía una solución ácida, lo que lo llevó a concluir que el oxígeno es un elemento común a todos los ácidos y que las propiedades de los mismos son consecuencia de la presencia de este elemento (Jiménez, et al. 2015), por otro lado, hizo aportes a la teoría de disoluciones al relacionar que las mezclas con ácidos generan una <<dilución verdadera>> ya que descomponen químicamente a las sustancias participes de las soluciones – soluto y solvente- y no ocurre una simple solución en las cuales los componentes de la solución son recuperables.

Arrhenius (1912) también menciona que Richter (1793) trabajó sobre la afinidad de las sustancias de lo cual describió que una cierta afinidad causa disolución. Así, por ejemplo, dice –Richter- que es posible precipitar sales de sus disoluciones en agua añadiendo alguna sustancia, como el alcohol, que tenga mayor afinidad por el agua que

la sal, igualmente propuso la ley de las proporciones equivalentes en la cual las sustancias reaccionan en proporciones definidas.

Más tarde Davy (1811) realizó experimentos con el ácido muriático que contenía hidrógeno y cloro (ácido clorhídrico) y utilizó también otros ácidos sin oxígeno, concluyendo que el hidrógeno es característico de las sustancias ácidas (Alméciga y Muñoz, 2013). Gracias a esto, se le adjudica la responsabilidad de establecer que, un ácido está asociado a la presencia del ion hidrógeno y no al oxígeno, convirtiendo esta observación en la nueva idea de los conceptos de ácido y base (Jiménez, et al. 2015).



Imagen 6. Composición de ácidos y bases a partir de sus propiedades. Imagen generada mediante Napkin.ai (Napkin AI, Inc., 2026).

Organización por intensidades

A continuación, se tendrá en cuenta la organización a partir de una cualidad específica que permita construir comparaciones, y de esa forma una escala de ordenación en función al cambio en la magnitud de dicha cualidad, como por ejemplo la coloración, la conductividad eléctrica y su composición química.

Gay-Lussac (1833) propuso la teoría de la "equipolencia" de las sales en solución, en la cual los mecanismos de reacción solo pueden ser explicados a través de la formación de radicales (iones) como productos intermedios de la reacción. Esta teoría explica la reacción de éter etílico usando como catalizador el ácido sulfúrico para la formación de agua y el respectivo alcohol (Arrhenius, 1912). Williamson generalizó esta idea y dijo que en una disolución hay un cambio perpetuo de radicales entre las moléculas. De esta manera se explicaba el hecho de que, al mezclar dos sales formadas

por radicales diferentes, se formaban rápidamente las cuatro sales posibles, como sostenía Gay-Lussac, lo que fortaleció la idea del hidrógeno como ion producto de la disolución de los ácidos⁴.

Faraday en 1834 estudió la electricidad positiva y negativa y su relación con la masa del compuesto disociado, haciendo alusión a la fuerza de ácidos y bases como conductores., por lo cual pudo clasificarlos en electrólitos, idea fundamental en el desarrollo de la teoría electrolítica de Arrhenius (Jiménez, et al. 2015).

Por otra parte, Justus Liebig en 1839 definió el ácido como un compuesto hidrogenado, cuyo hidrógeno puede sustituirse para formar sales (Alméciga y Muñoz, 2013). Más tarde, Guldberg y Waage (1864) integran la ley de acción de masas, en la que identifican que en una reacción química intervienen los compuestos y sus concentraciones lo que posteriormente trabajaría Sörensen para su propuesta de escala de pH.

En Alméciga y Muñoz (2013) se mencionan que Van't Hoff (1886) basándose en el estudio con gases propone la Ley de Soluciones diluidas, en la que la presión osmótica dada era igual a la presión que ejercía un gas ideal a la misma temperatura en el volumen ocupado por la solución, como a esta ley no aplicaba a soluciones de sales inorgánicas introdujo un factor de corrección empírico en la ecuación de gases ideales, que indicaba el número medio de partículas formadas por la molécula, como un antecedente a la construcción teórica de las constantes de equilibrio que aportó al trabajo de Arrhenius y Ostwald.

Kohlrausch (1876) basado en los estudios de Faraday, estudió el comportamiento de los iones frente a la corriente eléctrica estableció que la conductividad de una solución de sal podría expresarse como la suma de dos conductividades, una válida para el anión y otra para el catión (Arrhenius, 1912).

Svante Arrhenius (1884) clasificó los ácidos y las bases como sustancias que están en capacidad de liberar iones hidrógeno o liberar iones hidroxilo en el agua respectivamente, y estableció que, al presentarse la disociación en fase acuosa, la mezcla se convertiría en conductora de corriente eléctrica, si la corriente pasa

⁴ Así, por ejemplo, en una disolución de ácido clorhídrico, HCl, un átomo de H no siempre permanece unido al mismo átomo de cloro, sino que lo intercambia por nuevos átomos de cloro, uno tras otro (Arrhenius, 1912).

fácilmente el electrolito se consideraba como fuerte y si el paso de corriente se dificultaba el electrolito se cataloga como débil (Jiménez, et al. 2015). Adicionalmente calculó la constante de disociación de ácidos y bases. También este año Ostwald hizo una relación constante entre el grado de disociación de una molécula y el volumen de la disolución que contine un mol del electrolito, y en 1893 identificó la constante de disociación del agua (Da Silva y Alfonso, 2007).



Imagen 7. Construcción de escalas, Imagen generada mediante Napkin.ai (Napkin AI, Inc., 2026).

Construcción de formas de medida

Finalmente, se relacionan los aportes que contribuyeron a la construcción del aparato de medida, la escala de pH y su respectiva formalización teniendo en cuenta las proposiciones lógicas de algunos autores. Es importante mencionar que el tránsito a la construcción de la escala de medida comprende dos aspectos insolubles, por un lado, los desarrollos teóricos de Nernst y Sørensen, y por otro, los desarrollos técnicos y experimentales en los que encontramos a Cremer, Haber y Klemensiewicz sobre electrodos de vidrio, y a Beckman en la construcción de un aparato comercial para la

medición del pH. En ese sentido la escala surge de la necesidad de la industria química y alimentaria para comprender el papel que juega la acidez y la basicidad en procesos biológicos lo que requiere la comprensión abstracta del fenómeno y la precisión instrumental para su medición.

En un principio se hace necesario establecer una conexión histórica y epistemológica que propone Calvet (1948) sobre la construcción formas de medida de la diferencia de potencial, en la que se cita el método de Dubois Reymond que guarda relación técnica con los principios de funcionamiento de los medidores de pH.

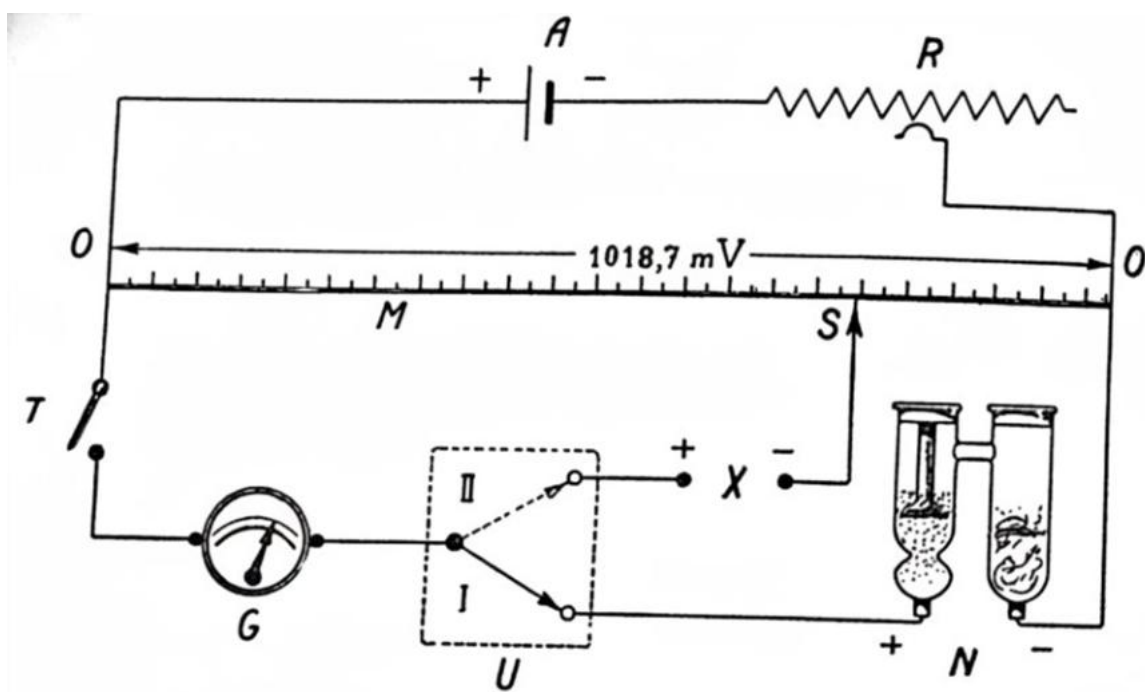


Imagen 8. Procedimiento de compensación de Du Bois Reymond. Tomado de: Calvet, E. (1942). Química general aplicada a la industria con prácticas de laboratorio. Tomo I: Química-Física. Salvat Editores, Barcelona - España

La función esencial de este método es garantizar que no circule corriente a través del sistema de electrodos durante la medición. El procedimiento se basa en un puente formado por un hilo conductor que mantiene una diferencia de potencial conocida (1018.7 milivoltios) entre los extremos (O - O) del hilo M, la cual corresponde a la tensión de una pila normal. En el montaje se encuentra un acumulador (A) que proporciona la tensión necesaria al circuito, y se reparte entre la resistencia regulable (R) y el hilo potenciométrico (M).

El circuito de compensación se conecta entre los extremos O-O del potenciómetro M e incluye la tensión del sistema de electrodos que se desea medir. Sus elementos son: Galvanómetro de cero (G) utilizado para detectar el paso de corriente

provisto de un interruptor (T); un conmutador (U) que permite cambiar entre la calibración y la medición; una pila Normal (N) en la posición I del conmutador (U) que comunica el circuito con una pila normal N, cuya tensión es de 1087.7 mV; se encuentra un puente (X) y cursor (S) en la posición II, el circuito se conecta al puente X, donde está intercalado el sistema cuyo potencial se quiere medir. Este circuito termina con un contacto de fricción (S) que puede recorrer el hilo calibrado (M).

El procedimiento consta de dos fases principales: calibración y medición.

Para la calibración se coloca el conmutador (U) en la Posición I conectando la pila normal N, donde se procede a variar la resistencia regulable (R), se cierra el interruptor (T) solo por un instante breve y se continúa ajustando R hasta que el galvanómetro (G) no registre paso de corriente al cerrar el interruptor T. Una vez logrado esto, se indica que la diferencia de potencial entre los extremos O-O' del potenciómetro M es de 1018.7 milivoltios.

Para la medición del potencial desconocido se pasa el conmutador (U) a la Posición II conectando el sistema de electrodos cuyo potencial se desea medir, se desliza el cursor (S) a lo largo del hilo calibrado (M), para ello se debe encontrar la posición exacta de S en donde el galvanómetro no señala paso de corriente al cerrar T brevemente y en este punto de equilibrio o compensación, la tensión del sistema que se mide es igual a la que existe entre el extremo positivo del hilo calibrado y la posición del cursor (S). Dicha tensión se puede leer directamente en la escala graduada del hilo.

Existe una relación entre el trabajo de Du Bois Reymond y la construcción de una escala de medida para la acidez y la basicidad, esta radica en la graduación del instrumento para obtener una medida confiable de la diferencia de potencial. Al igual que los pH-metros convencionales el procedimiento de compensación debe tener una medida estándar de referencia como base para las mediciones, y de esa forma estar calibrado con un referente que para el caso de los acidómetros son las soluciones buffer y para el sistema de Dubois Raymond una pila de voltaje fijo. En ese sentido, para que la medida de un aparato sea confiable es necesario tener un patrón de referencia, dado que sin un estándar la medición carece de fiabilidad, de tal modo que se convierte en una comparación. Sin embargo, esto no quiere decir que la medición no sea válida dentro de los fines prácticos de la didáctica y para el desarrollo de proposiciones, sino que tal aspecto debe ser refinado (esto será revisado en las reflexiones sobre la construcción de formas de medida)

Dado el contexto anterior sobre la construcción de formas de medida existe una conexión importante entre la diferencia de potencial (voltaje) y la acidez y basicidad de una solución acuosa a través de la ecuación de Nernst (1892) aplicada a un electrodo especializado, en este caso, un electrodo de vidrio específico para iones hidrógeno. Aplicando la ecuación de Nernst para dicho electrodo se establece que el potencial eléctrico (E) que se genera está relacionado logarítmicamente con la actividad de los iones hidrógeno.

Ecuación general de Nernst

$$E = E^{\circ} - \left(\frac{RT}{nF} \right) * \ln Q$$

Donde:

- E = Potencial del electrodo (en voltios, V)
- E° = Potencial estándar del electrodo (en V)
- R = Constante de los gases ($8.314 \text{ J} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$)
- T = Temperatura absoluta (en Kelvin, K)
- n = Número de electrones transferidos en la semirreacción
- F = Constante de Faraday ($96485 \text{ C} \cdot \text{mol}^{-1}$)
- Q = Cociente de reacción (actividad de los productos / actividad de los reactivos)

Reescribiendo la ecuación en función del pH, tenemos:

$$E = E^{\circ} - \left(2,3026 \frac{RT}{F} \right) * pH$$

$$E = E^{\circ} - \left(2,3026 \frac{RT}{F} \right) * \log (H^{+})$$

De la anterior ecuación a través de la obtención experimental de la diferencia de potencial y conociendo los demás datos teóricos se puede calcular el pH, o en su defecto, para fines didácticos, la diferencia de potencial podría utilizarse para hacer una clasificación de ácidos y bases organizándolos según su intensidad, teniendo en cuenta que los valores negativos corresponden a soluciones básicas y los valores positivos a soluciones ácidas.

No obstante, lo trabajado por Nernst adquiere un valor técnico en lo desarrollado por Cremer (1906) que escribió con relación a la conferencia de Helmholtz sobre Faraday: “La idea de que el vidrio como diafragma entre los dos líquidos puede

conducir posiblemente a una fuerza electromotriz bastante considerable”.

Adicionalmente, describe que él:

“Tenía la suposición correcta de que, si uno pudiera de alguna manera hacer membranas muy delgadas de material sólido, mal conductor, posiblemente podrían dar una fuerza electromotriz notable en células relativamente simples... para que esa membrana no tuviera grietas debería construirse de un material relativamente rígido, en ese sentido recordé que las bombillas de vidrio se fabricaban con sopladores; por lo tanto, decidí realizar experimentos con tales bombillas” (Traducción libre de los autores, Cremer, 1906. p. 562).

A partir de esto, está claro que Cremer comenzó sus experimentos con bombillas de vidrio sobre la base de un conocimiento muy detallado del origen de las fuerzas electromotrices en las interfaces.

En conclusión, Cremer (1906) expuso en su obra que utilizó una membrana de vidrio para observar la diferencia de potencial entre dos sustancias alcalinas, este discutió un trabajo de R. Luther en el que explicaba, desde un punto de vista estrictamente termodinámico, que en una célula galvánica formada por dos electrodos metálicos (por ejemplo, zinc) sumergidos en dos disolventes diferentes como éter y agua, que contienen una sal de zinc, la diferencia de potencial entre los dos electrodos (iguales) debe ser cero para el caso en el que se haya establecido el equilibrio de partición de la sal entre los dos disolventes.

Continuando con lo anterior, Haber y Klemensiewicz (1909) combinaron la observación de que una región activada de una célula muscular es eléctricamente negativa en referencia a las partes inactivas y que se produce ácido durante la actividad muscular, y sugirieron que la membrana plasmática de Pfeffer¹ podría comportarse como una membrana de vidrio, generando los potenciales de reposo y de acción de la célula debido a las diferencias en la concentración de iones H^+ entre las fases intra y extracelular (Ling, 1919).

De acuerdo con Ling (1919) los principales esfuerzos de Haber y Klemensiewicz (1909) se dirigieron a comprender el mecanismo del electrodo de vidrio al considerar que este material era un aislante neutro y que la corriente eléctrica pasaba a través del agua que él había absorbido. En ese sentido, construyeron un tubo de vidrio con bulbo de paredes extremadamente finas y lo llenaron con una solución de concentración de ácido conocida e insertaron un electrodo de alambre de platino para hacer contacto eléctrico. Luego sumergieron el bulbo en un vaso de precipitado que contenía la

solución de acidez desconocida (solución de prueba) y completaron el circuito utilizando un electrodo de referencia exterior, de ese modo, relacionaron que el potencial en la membrana de vidrio es función de la concentración de iones hidrógeno, estableciendo el uso de capilares para la medida de pH (Da Silva y Alfonso, 2007), de tal forma demostraron que la diferencia de potencial eléctrico a través de la membrana de vidrio variaba linealmente con el logaritmo de la concentración de iones de hidrógeno en la solución exterior. Es decir, el vidrio actuaba como un sensor perfecto para el pH, respondiendo exactamente según la ecuación de Nernst.

En el mismo año Sørensen determinó que el grado de acidez puede medirse por la concentración de iones hidrógeno disueltos expresados como el logaritmo de Briggs, utilizando la notación de pH, al igual que la de pOH para referirse a los iones hidroxilo OH⁻. Este trabajo surgió a partir del estudio de procesos enzimáticos, donde se identificó que el grado de acidez o alcalinidad tiene gran influencia los cambios de concentración y en la velocidad con la que se produce la división enzimática (Sørensen, 1909).

Aunque se le adjudica a Sørensen la propuesta de la escala de pH, fueron los trabajos sobre colorimetría, conductividad, diferencia de potencial, membranas y electrodos de vidrio que marcaron una transición definitiva de la evaluación sensorial o visual (cambio de color de un indicador), a la organización por intensidades de la conductividad y a la construcción de escalas como mediación instrumental objetiva. De tal forma que el grado de acidez o basicidad se traduce en una magnitud eléctrica (milivoltios) y la naturaleza cualitativa de la acidez se codifica matemáticamente permitiendo la estandarización.

Finalmente, la industria de los jugos en California necesitaba una forma rápida y confiable de medir la acidez del jugo de limón, lo que llevó Glen Joseph, un amigo de Arnold Beckman a pedir ayuda, el cual a partir de la comprensión del funcionamiento de las membranas de vidrio desarrolló un tubo de vacío amplificado, que permite medir corrientes extremadamente pequeñas generadas por el electrodo de vidrio sin polarizarlo, desarrollando así un aparato funcional para la medida de pH (Da Silva y Alfonso, 2007).

Para el funcionamiento del aparato de medida (acidómetro):

Se empleaba un electrodo de vidrio situado en una caja móvil en la parte delantera del aparato, lo que permitía colocarlo en la muestra analizada. El usuario debía mover el conmutador central calibrado en una escala de pH hasta

que se observaba un valor cero en el galvanómetro situado en la parte superior derecha. Este conmutador modificaba el valor de la corriente producida por el circuito eléctrico del pH-metro, la cual era anulada por la producida por el electrodo con la muestra, por lo que, cuando el galvanómetro marcaba cero, se consideraba que ambas corrientes eran idénticas y, de este modo, se podía estimar el pH de la muestra. Para que la operación fuera correcta, era necesario que la escala del conmutador central hubiera sido previamente calibrada, lo que se realizaba mediante el ajuste a cero (Bertomeu, 2002. p. 326).

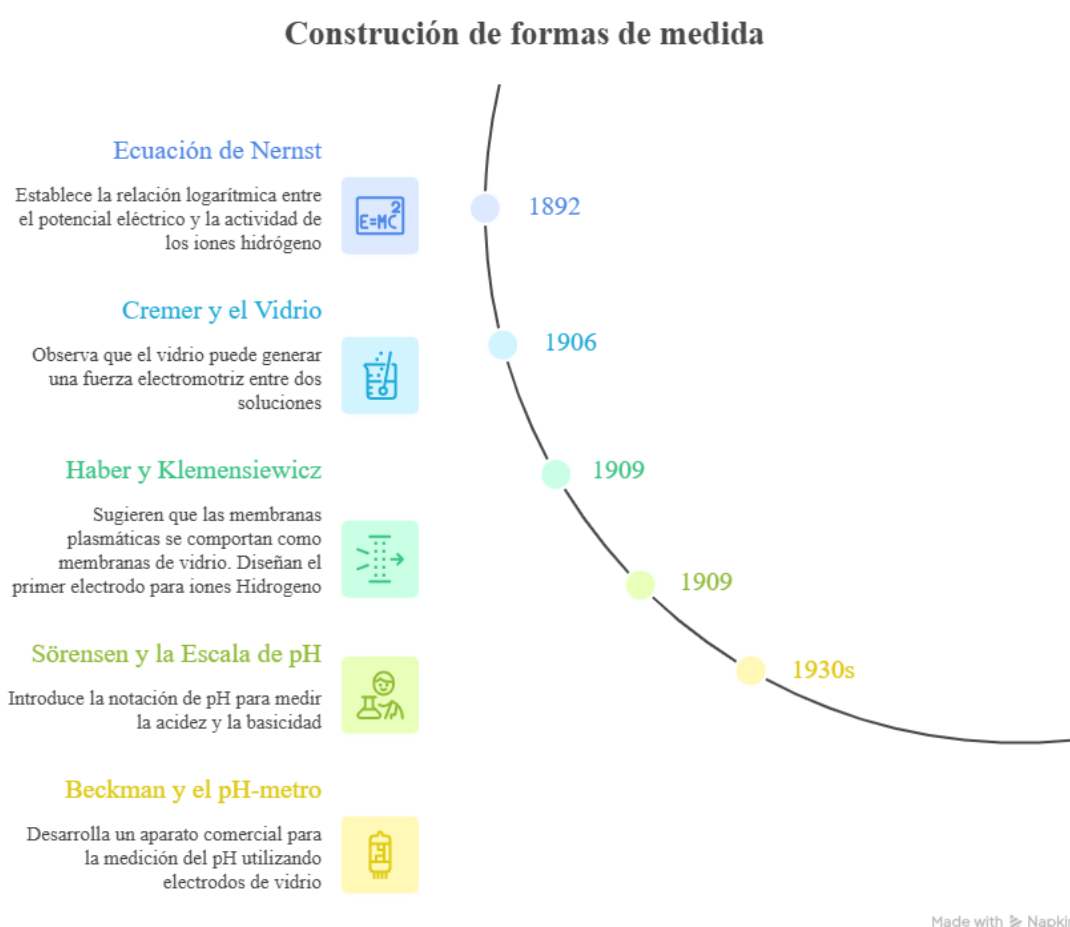


Imagen 9. Construcción de formas de medida. Imagen generada mediante Napkin.ai (Napkin AI, Inc., 2026)

Reflexión sobre el análisis histórico-crítico

Cabe aclarar que la ruta experimental consta de tres etapas, sin embargo, en el fundamento teórico del proyecto se menciona a las propiedades según su composición como una parte fundamental de la historia que no puede ser obviada, si no que, para fines prácticos de nuestra investigación no es tomada en cuenta dado que el alcance histórico y fenomenológico nos sitúa hasta los planteamientos de Arrhenius culminando

con Sörensen, por lo cual, las teorías de Bronsted- Lowry y Lewis (posteriores) no hacen parte estructurante de la ruta experimental planteada.

El estudio histórico-crítico frente a la identificación de cualidades arroja que la percepción sensorial es, para este caso, el primer eslabón en la ruta que transita el desarrollo de proposiciones lógicas sobre los fenómenos de acidez y basicidad, en la cual, por medio del método inductivo, las observaciones y del análisis se construyen explicaciones consistentes en las que el lenguaje adquiere un valor determinante para dar a conocer las ideas, y cómo éstas se ajustan a la lógica teórica-experimental de la época y adquieren un valor formal de aceptación en las comunidades de especialistas. En ese sentido, la teoría corpuscular fue pionera en el desarrollo de explicaciones sobre el comportamiento ácido-base a través del uso de analogías que refieren las cualidades del sabor y textura, lo anterior es de vital importancia para la perspectiva fenomenología como propuesta didáctica porque no hace a un lado dichos preceptos y los despoja de la verdad científica, sino que trabaja con estos para la construcción de pensamiento crítico dando al sujeto-estudiante el rol de investigador y al sujeto-docente el rol de mediador en el que a partir de subjetividades se construyen objetividades sentadas sobre el argumento lógico que no castra la inventiva. Para el caso de los cambios de coloración con indicador -como cualidad seleccionada-, se destaca en un primer momento el asombro que esto puede causar en los sujetos como puente para gestionar la curiosidad, y en un segundo momento, la oportunidad que brinda para hablar en clave de la intensidad del color y de forma extensiva de la fuerza de los ácidos y las bases con relación a la misma.

Continuando con la conductividad eléctrica como como una cualidad que mide lo no observable, se define entonces el segundo eslabón en el tránsito a la construcción de abstracción. Históricamente nos encontramos con una química experimental en auge en la que las explicaciones teóricas suman un componente experimental indisoluble de esta, producto de la creciente atmósfera empirista de la época y a partir de la cual el experimento, y el instrumento implícito, se convierten en requisitos para volver un fenómeno de estudio en un objeto legítimo de investigación dentro de las comunidades científicas vigentes. En perspectiva, fue la medida de la conductividad y su caracterización a través de los trabajos de Faraday principalmente, los que permitieron desarrollar un robusto marco experimental para que en síntesis Arrhenius propusiera su teoría de disociación electrolítica y diera entrada a definir a los ácidos y las bases en función a la intensidad de la medida eléctrica, y a partir de esta elaborar comparaciones

y proponer escalas, es decir, se conjuga lo teórico y experimental para dar una explicación profunda del comportamiento de los fenómenos de la acidez y la basicidad. Lo anterior, refleja un potencial didáctico desde lo fenomenológico e histórico-crítico porque da al sujeto-docente una cualidad de estudio para abordar con los sujetos-estudiantes que es complementaria a la cualidad del color en el sentido que la primera agrupa a las sustancias y la segunda las clasifica por medio de la comparación entre sus medidas de conductancia, de ese modo la conductividad eléctrica reconfigura los modelos cognitivos de los sujetos al invitarlos a relacionar las medidas con su comportamiento microscópico y de esa forma elaborar proposiciones lógicas en línea con los referentes teóricos.

En este punto, se hace necesario reflexionar sobre la importancia de los instrumentos en el desarrollo de proposiciones lógicas. Existe una relación bidireccional con los instrumentos y la conceptualización en química. Por un lado, los instrumentos tienen la capacidad de validar, modificar y/o refutar presupuestos teóricos y, por el otro, la conceptualización sirve como guía para el diseño y uso de estos. De esa manera, los avances científicos están ligados en un principio a teorías y leyes sobre un fenómeno específico de estudio, el cual, a partir de la experimentación y desarrollo de aparatos es susceptible de cambios en su interpretación teórica, por tanto, la conceptualización es temporal y limitada a la reinterpretación del objeto de estudio, en ese sentido los aparatos adquieren un valor metodológico de validación y construcción de proposiciones.

Para terminar, encontramos el último eslabón en el tránsito a la construcción de abstracciones. Fue la cualidad de la diferencia de potencial la que de manera definitiva relaciona el carácter ácido y básico de las sustancias con su composición y comportamiento fisicoquímico, el contexto histórico nutre la narrativa y a diferencia de la cualidad del color y la conductividad eléctrica que nacen de contextos puramente científicos en la búsqueda de conocer y dar explicaciones sin un valor técnico aparente más allá de la razón de aprehender, la diferencia de potencial se ve permeada por la búsqueda de una solución técnica a un problema científico en la que se encontraban por un lado, los desarrollos teóricos sobre los ácidos y las bases y, por otro, los métodos complejos para medir y predecir el comportamiento en sistemas orgánicos de interés especialmente para la enzimología. En ese escenario, surge la necesidad de conocer con precisión la concentración de iones hidrógeno en diferentes puntos de un proceso a través de una medida estandarizada que además fuera rápida de obtener y válida por la

comunidad científica. Razón por la cual, con lo propuesto por Nerst sobre la medición de diferencias de potencial en sistemas complejos y Sørensen sobre la deducción del comportamiento de los iones en función a logaritmo de Briggs producto de análisis experimentales, se tendió un puente a la concreción de un aparato de medida que tuvo como precursores los sus trabajos sobre electrodos para la medición de iones hidrógeno lo que finalmente decantó en la construcción -y comercialización- del acidímetro por parte de Beckman.

La importancia histórico-crítica de esta cualidad reside en la complejidad del contexto histórico, la química en pleno desarrollo teórico y experimental, y de los múltiples científicos que se vieron involucrados tanto en aportes teóricos y técnicos para el desarrollo del aparato de medida, lo que en conjunto acredita que las conceptualizaciones en química son producto de una actividad social y que las mismas no deben ser aceptadas como dogmas desconectados de su contexto en el acto de simplificación por la transposición. Desde lo fenomenológico, esta cualidad brinda la oportunidad de comprender la diferencia entre la construcción de escalas de comparación-organización y la construcción de medidas, pues la segunda brinda un valor estándar de referencia que relaciona el voltaje con la composición química de la sustancia y los resultados de medición se organizan de forma lógica en relación a esta, y en la primera la conductividad carece de ese atributo de especificidad por lo cual, aunque responde bien a la comprensión modelo electrolítico, no responde a la construcción de aparatos para la medición de los fenómenos de la acidez y basicidad.

Segunda Fase

Ruta Experimental

Teniendo en cuenta los antecedentes de investigación trabajados en León (2023), Malagón, et al. (2011), Muñoz, et al. (2009) y Sandoval, et al. (2018) se pueden establecer 3 estepas para la construcción de una ruta experimental en función a la explicación de los fenómeno de la acidez y basicidad que contengan aspectos histórico-críticos sobre aportes científicos que desde nuestra perspectiva fueron fundamentales para la construcción de estos conceptos, tales como los aportes de Boyle (1691), Faraday (1834), Arrhenius (1884), Sørensen (1909) y entre otros, que contribuyeron de forma significativa desde lo experimental y teórico a la fundamentación de lo que hoy se conoce como la escala de pH.

En la primera etapa, identificación de cualidades, se hará una reconstrucción del fenómeno a partir de los planteamientos de Boyle sobre los cambios de coloración que tienen los indicadores colorimétricos en presencia de sustancias ácidas y básicas, haciendo una primera aproximación a la identificación de cualidades y su relación con el comportamiento químico de sustancias; en una segunda etapa, la construcción de escalas, se usará la conductividad eléctrica propuesta por Faraday y Arrhenius como una forma de ordenación teniendo en cuenta que los ácidos y bases por la disociación de sus iones se comportan como conductores lo que permite clasificarlos entre fuertes si la corriente fluye con facilidad o débiles si se le dificulta; finalmente, en la tercera etapa, construcción de medidas, se trabajará con los planteamientos de Sörensen, sobre la construcción de una escala de medida de la acidez a partir de la construcción de un aparato de medida que permite la medición de los iones hidrógeno expresados con el logaritmo de Briggs, dando origen a la notación de pH.

Preparación de soluciones de trabajo

Para la construcción de la ruta experimental se prepararon 11 soluciones de trabajo a concentración 0,1M.

A continuación, se relacionan los datos técnicos de interés tomados de las etiquetas de los recipientes de almacenamiento del laboratorio de la UPN.

A partir de los datos de interés vinculados, se realizó el cálculo de las cantidades en gramos y mililitros de soluto necesarios para preparar las soluciones, las cuales fueron medidas con precisión y posteriormente llevadas a un vaso de precipitados con agua desionizada y luego transferidas a un matraz aforado de 100 mL hasta completar el aforo.

Tabla 1*Soluciones de Trabajo*

Nombre	Fórmula	Densidad (g/mL)	Pureza %
Ácido Clorhídrico	HCl	1,19	37
Ácido cítrico	C ₆ H ₈ O ₇	N/a	100
Ácido fosfórico	H ₃ PO ₄	1,685	85
Ácido acético	CH ₃ COOH	1,05	100
Ácido oxálico	C ₂ H ₂ O ₄	N/a	100
Hidróxido de sodio	NaOH	N/a	100
Hidróxido de calcio	Ca(OH) ₂	N/a	96
Amoníaco	NH ₃	0,88	30
Hidróxido de litio	LiOH	N/a	100
Cloruro de sodio	NaCl	N/a	100
Bicarbonato de sodio	NaHCO ₃	N/a	100

Finalmente, se tomó la medida de pH con potenciómetro para obtener valores de referencia y control para el diseño de la ruta experimental

Tabla 2*Valores de pH a concentración 0,1M*

Fórmula	pH
HCl	1,16
C ₆ H ₈ O ₇	2,26
H ₃ PO ₄	1,77
CH ₃ COOH	2,94
C ₂ H ₂ O ₄	1,57
NaOH	12,3
Ca(OH) ₂	12,17
NH ₃	10,53
LiOH	10
NaCl	7,03
NaHCO ₃	8,25

Por otro lado, se preparó un extracto etanólico de bayas de saúco a base de alcohol comercial, cabe recordar que las antocianinas son solubles en etanol y agua, por lo cual este es un método no analítico eficiente para su extracción reportado por Márquez, et al. (2007).

Primera etapa: Identificación de Cualidades

Como punto de partida para la identificación de cualidades sobre los fenómenos de acidez y basicidad se tendrán en cuenta los aportes sobre ensayos colorimétricos realizados por Boyle con el licor de violetas. En la ruta experimental se utiliza un

extracto etanólico de bayas saúco, *Sambucus Nigra L*, a partir del cual se busca identificar un cambio de coloración en diferentes sustancias ácidas y básicas análogo al trabajo realizado por Boyle, de tal modo que sobre la base de la cualidad del color se puedan clasificar a las sustancias según su grado de acidez o basicidad en función a la intensidad de este. Esta es una primera aproximación al fenómeno que puede ser implementada por docentes en práctica y en formación para la comprensión de la acidez y la basicidad desde lo fenomenológico.

Cabe hacer la anotación que las bayas del saúco son abundantes en la sabana de Bogotá y las zonas aledañas del altiplano Cundiboyacense, el árbol de saúco crece en altitudes entre los 1000 y 3000 metros sobre el nivel del mar en zonas templadas y frías, cerca de fuentes hídricas y se destaca por ser poco exigente en suelos (Verde y Rengifo, 2006), sus flores y bayas se han utilizado en la medicina popular para tratar fiebre, tos, congestión nasal y gripe, además de su uso popular como antiinflamatorio, analgésico y diurético (Santin, et al. 2021), lo que lo hace asequible y fácil de trabajar en prácticas de laboratorio caseras a partir de extractos etanólicos y acuosos. Su actividad antioxidante se debe a la alta cantidad de compuestos fenólicos que se encuentran en las bayas, flores, y hojas, entre estos compuestos fenólicos se encuentran los fenoles, flavonoides y antocianinas; estas últimas, son los pigmentos responsables del intenso color morado de las bayas de saúco (Márquez, et.al 2007).

A continuación, se presenta una serie de imágenes de los resultados obtenidos en laboratorio de las pruebas con el indicador de bayas de saúco frente a las soluciones de trabajo en comparación con los indicadores rojo Congo y papel universal.



Imagen 10. Soluciones acidas con indicador de Saúco, rojo Congo y papel universal en rejilla de porcelana. Elaboración propia.

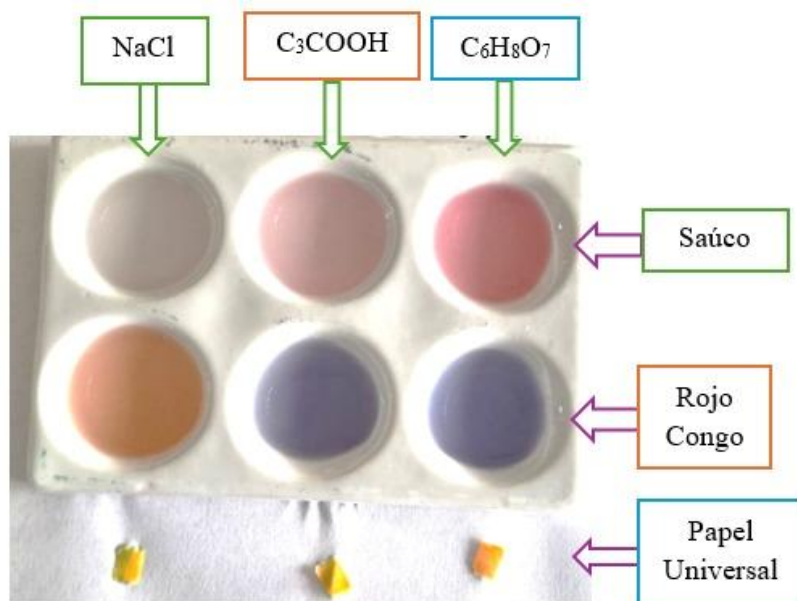


Imagen 11. Soluciones acidas y neutra con indicador de Saúco, rojo Congo y papel universal en rejilla de porcelana. Elaboración propia.

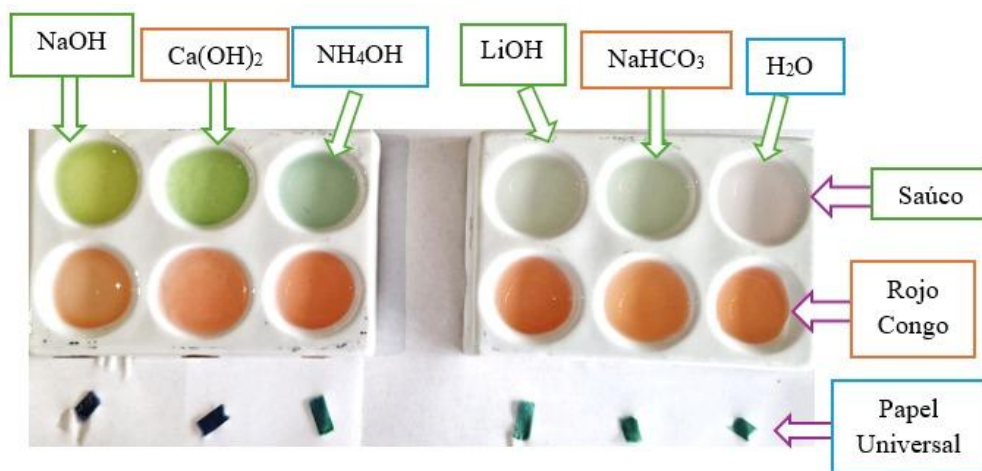


Imagen 12. Soluciones básicas y neutra con indicador de Saúco, rojo Congo y papel universal en rejilla de porcelana. Elaboración propia.

Diagrama procedimiento para evaluar la intensidad del color del indicador en función al cambio de concentración

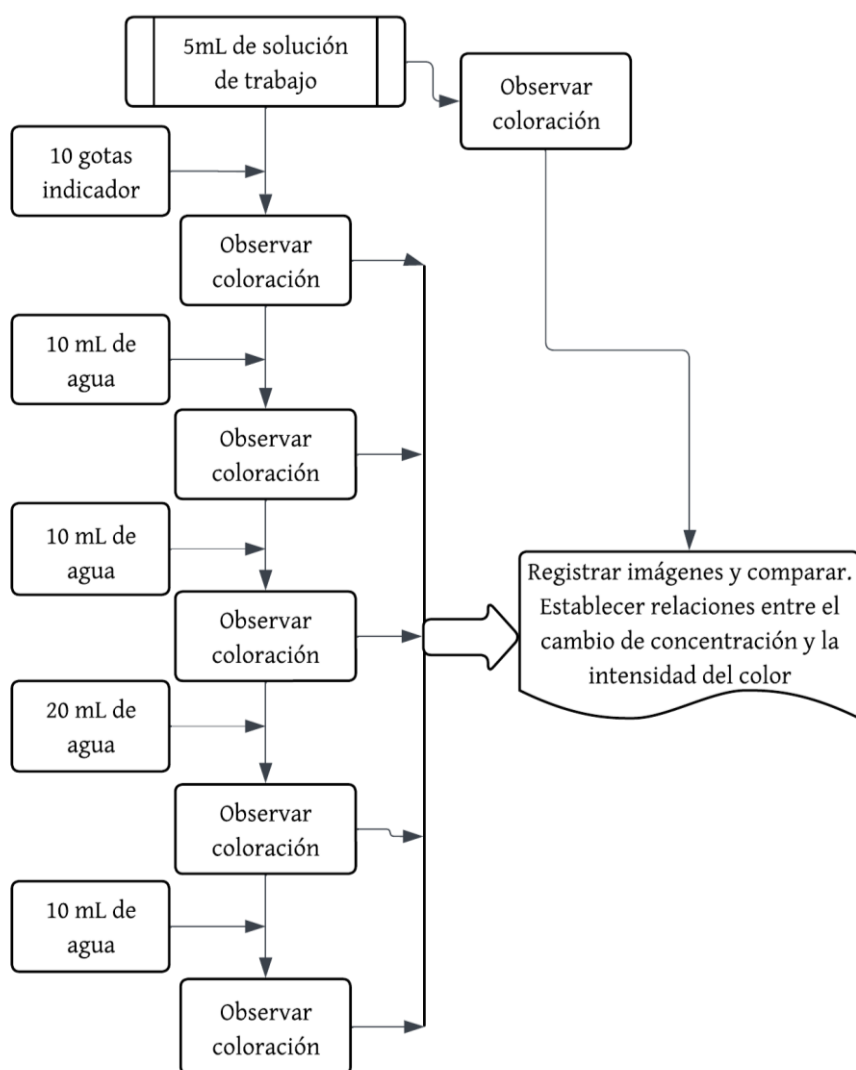


Imagen 13. Diagrama que explica el procedimiento a seguir para evaluar la intensidad del color del indicador en función al cambio de concentración. Elaboración propia, lucidspark, 2026.

Teniendo en cuenta lo propuesto en la identificación de cualidades y el paso a la medición de intensidades, a continuación, se relacionan una serie de imágenes tomados en el laboratorio que dan cuenta de la intensidad del color en función a la concentración.

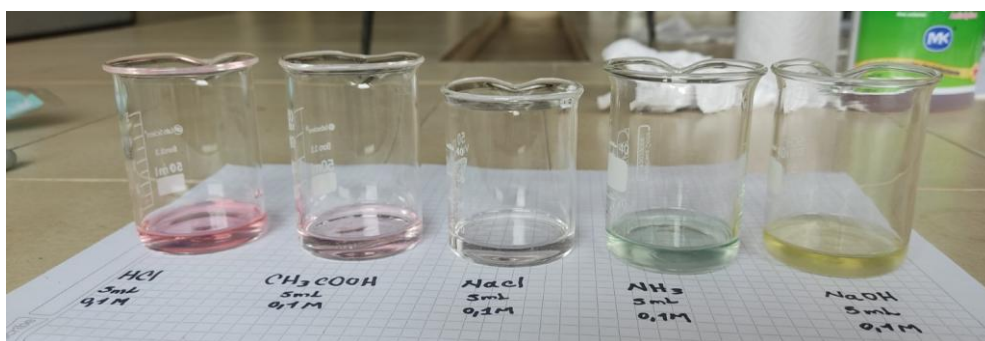


Imagen 14. Soluciones con 10 mL de HCl, CH₃COOH, NaCl, NH₃ y NaOH al 0.1 M con 10 gotas de indicador de Saúco. Elaboración propia.



Imagen 15. Soluciones de 15 mL de HCl, CH₃COOH, NaCl, NH₃ y NaOH al 0.033M con 10 gotas de indicador de Saúco. Elaboración propia.

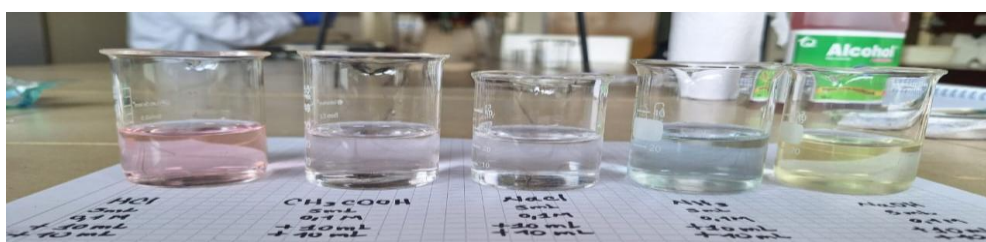


Imagen 16. Soluciones de 25 mL de HCl, CH₃COOH, NaCl, NH₃ y NaOH al 0.020M con 10 gotas de indicador de Saúco. Elaboración propia.

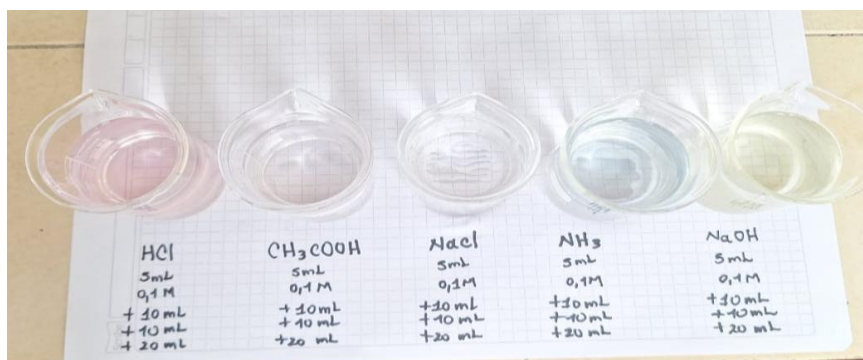


Imagen 17. Soluciones de 45mL de HCl, CH₃COOH, NaCl, NH₃ y NaOH al 0.011M con 10 gotas de indicador de Saúco. Elaboración propia.



Imagen 18. Soluciones de 55 mL de HCl, CH₃COOH, NaCl, NH₃ y NaOH al 0.009M con 10 gotas de indicador de Saúco. Elaboración propia.

Reflexión sobre la Identificación de Cualidades

En las imágenes 10, 11 y 12 se pudo observar que el extracto de bayas de saúco cambia de coloración morada a tonos rosados para ácidos, tonos verdes para bases y mantiene una coloración morada-transparente para soluciones neutras, cabe resaltar que, se usaron 10 gotas del extracto para los ensayos colorimétricos. Del mismo modo, en las imágenes 14, 15, 16, 17 y 18 se pudo observar que la intensidad de la coloración disminuye conforme aumenta la dilución de las soluciones, esto nos permite establecer una relación perceptual entre concentración e intensidad del color.

En concordancia con lo anterior y lo trabajado por Boyle (1691) con el licor de violetas -con el objeto de establecer una relación histórica y epistemológica-, se puede determinar que las bayas de saúco al igual que el licor de violetas son un indicador del fenómeno de la acidez y basicidad porque permiten agrupar a las sustancias según su naturaleza ácida, básica o neutra.

Desde el punto de vista didáctico el trabajo con indicadores colorimétricos ofrece una oportunidad para la construcción de conceptos a partir del análisis de las cualidades de las sustancias, una actividad que debe ser incluida en los procesos de enseñanza-aprendizaje por que introducen al estudio y comprensión de los fenómenos, y es a partir de la observación, descripción y el uso del lenguaje cotidiano que los sujetos se aproximan a su comprensión como una primera etapa para la construcción de abstracciones, es por eso que se hace necesario operacionalizar⁵ las tonalidades e intensidades de los colores en la tabla 3.

Tabla 3

Operacionalización de la intensidad del color

Solución	Color	Valor Intensidad	pH
HCl	Rosa	10	0.96
H ₃ PO ₄	Rosa	10	1.48
C ₂ H ₂ O ₄	Rosa	7	1,15
C ₆ H ₈ O ₇	Rosa	8	2.15
CH ₃ COOH	Rosa	5	3.14
NaCl	Incoloro	0	7.3
NaHCO ₃	Verde	2	9.09
LiOH	Verde	4	10.08
NH ₃	Verde	6	11.32
Ca(OH) ₂	Verde	8	12.79
NaOH	Verde	10	13.46

Nota: Los valores asignados a la intensidad del color resultan de operacionalizar lo observado en las imágenes 8, 9 y 10.

El proceso de identificación de cualidades se convierte en el primer puente que cruza la ruta experimental, retomando aspectos históricos que transitan lo fenomenológico en su camino a la formalización, en esta primera etapa la formalización es consecuencia de operacionalizar las percepciones sobre el color, en una primera etapa

⁵ Es el proceso de transformar un concepto abstracto, subjetivo o teórico en algo medible o cuantificable. (Hernández, et al, 2014). En este caso, los investigadores asignan un valor numérico acordado para cada una de las tonalidades e intensidades de color observadas en las diferentes soluciones de trabajo con el fin de construir una escala de referencia.

cognitiva que establece las bases para su futura comprensión: de esta forma, la cualidad se convierte en una descripción objetiva que permite limitar y caracterizar el fenómeno de estudio, adjudicándole una organización y jerarquía dentro de los procesos de razonamiento que se trabajan en el tratamiento de las variables cualitativas identificadas. En ese sentido los sujetos no hacen meras descripciones, sino que son invitados a proponer explicaciones objetivas en sus observaciones como parte del rol autónomo que asumen para la construcción de significados propios en contraste a los ya establecidos sobre los fenómenos de la acidez y basicidad, y es ahí donde el proceso de enseñanza-aprendizaje resulta más enriquecedor.

Segunda etapa: Organización por intensidades

Para la organización por intensidades entendida como la construcción de magnitudes, se medirá una magnitud física tomando en cuenta los planteamientos de Arrhenius (1884) y Faraday (1834) sobre la conductividad eléctrica como una cualidad fenomenológica que relaciona el grado de disociación de los electrolitos. De acuerdo con lo anterior, para medir la conductividad eléctrica se usó el montaje de la imagen 19:

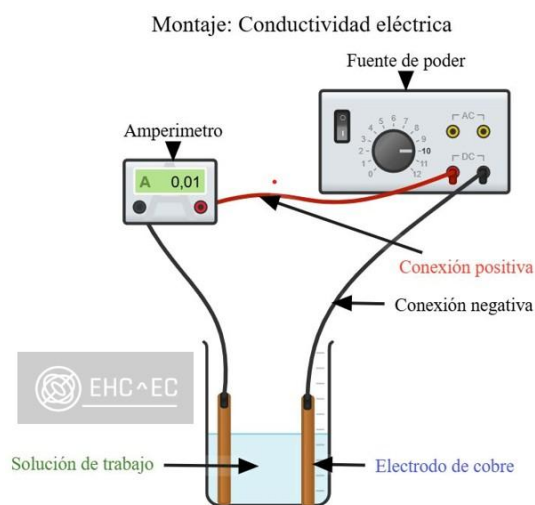


Imagen 19. Diagrama montaje para medir la conductividad eléctrica correspondiente al miniproyecto 1. Elaboración propia, Chemix, 2026.

Los resultados de las pruebas de conductividad realizadas con las soluciones de trabajo se encuentran en la tabla del [Anexo 5](#), a partir de los cuales se construyó una gráfica ([Grafica 1](#)) que permite hacer comparaciones y establecer relaciones sobre su variación frente al cambio de la concentración para apreciar el comportamiento de electrolitos fuertes y débiles.

Tabla 4*Resultados prueba de conductividad*

Soluciones 0,1 M	Conductividad (mA)	pH
HCl	165	0.96
NaOH	150	13.46
NaCl	64	7.3
H ₃ PO ₄	60	1,48
Ca(OH) ₂	42	12.79
C ₂ H ₂ O ₄	29	1.15
LiOH	16.5	10.08
C ₆ H ₈ O ₇	9	2.15
NaHCO ₃	8.5	9.09
CH ₃ COOH	4	3.14

Nota: Los datos están organizados de menor a mayor teniendo en cuenta el primer valor tomado de la prueba de conductividad eléctrica. (ver anexo 5).

Tomando en cuenta los resultados de la tabla 3 y 4, identificación de cualidades y organización por intensidades, se hace una reordenación de dichos valores en la tabla 5 para la construcción de una escala que permita comprender los fenómenos de acidez y basicidad en intensidades, integrando la ordenación de la cualidad del color y la magnitud de la conductividad eléctrica.

Tabla 5*Organización por intensidades*

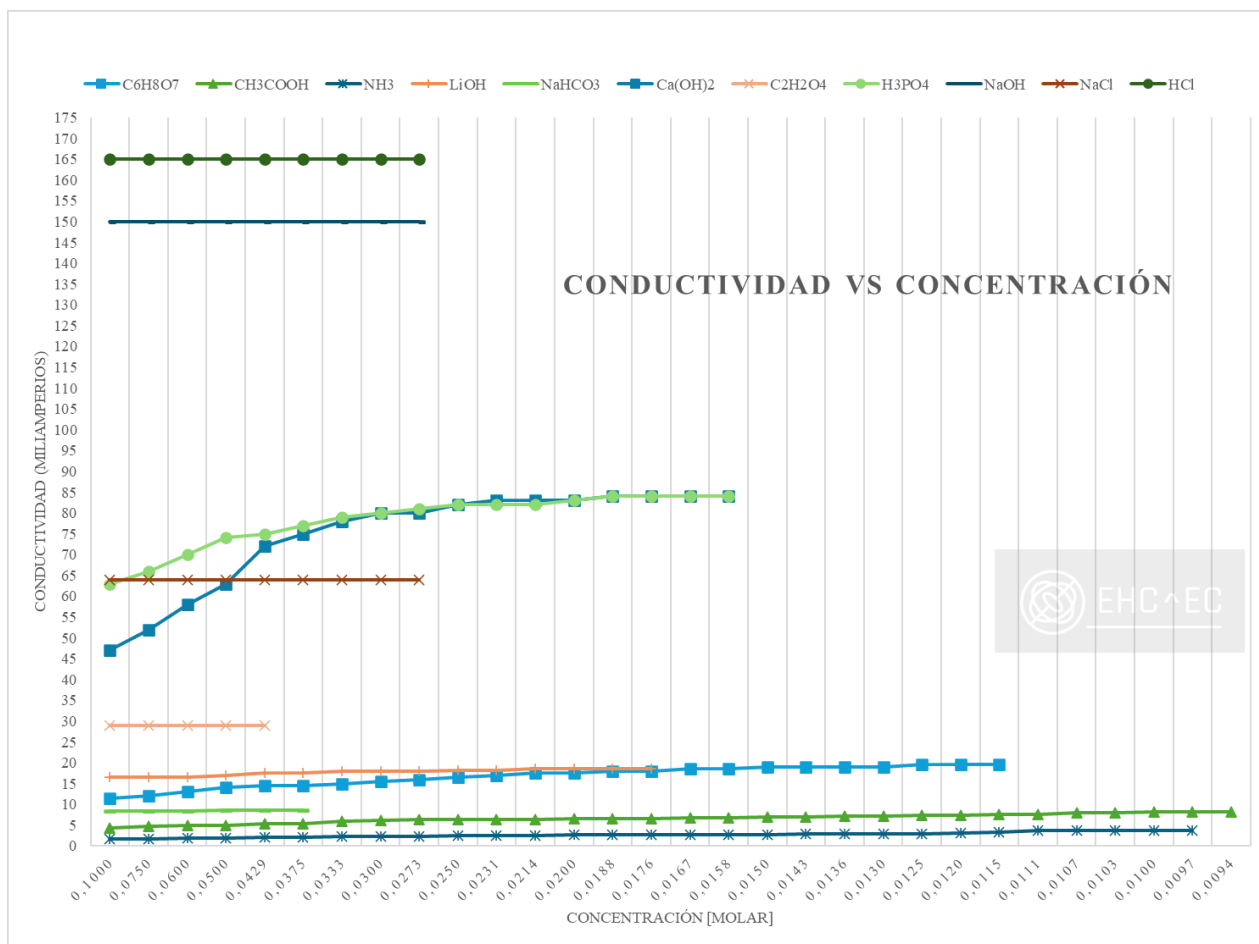
Soluciones 0,1 M	Conductividad (mA)	Color	pH
HCl	165	Rosa 10	0.96
H ₃ PO ₄	60	Rosa 10	1,48
C ₂ H ₂ O ₄	29	Rosa 7	1.15
C ₆ H ₈ O ₇	9	Rosa 8	2.15
CH ₃ COOH	4	Rosa 5	3.14
NaCl	64	Incoloro	7.3
NH ₃	1.45	Verde 6	11.32
NaHCO ₃	8.5	Verde 2	9.09
LiOH	16.5	Verde 4	10.08
Ca(OH) ₂	42	Verde 8	12.79
NaOH	150	Verde 10	13.46

Nota: En la reorganización se dio prioridad a los valores de conductividad sobre la intensidad del color, por lo cual, el NH_3 aun teniendo una intensidad mayor en el color (verde 6) frente NaHCO_3 y LiOH se ubicó por debajo de estos. Por lo cual se hace necesario la medición de una tercera cualidad –diferencia de potencial- que permite construir una escala en función de la acidez y la basicidad.

Acorde a los planteamientos de Arrhenius (1884) se mide la conductividad de las soluciones de trabajo agregando alícuotas sucesivas de 10mL de agua para disminuir su concentración y registrar nuevamente el valor de conductividad hasta alcanzar un valor estable, uno de los objetivos fue corroborar el siguiente planteamiento “en disoluciones infinitamente diluidas, baja concentración, los electrolitos débiles -ácidos y bases débiles- se comportan como electrolitos fuertes, su conductividad eléctrica aumenta hasta mantenerse constante”.

De esta manera en la gráfica 1 se trazan las conductividades obtenidas en el proceso de dilución de los electrolitos fuertes y débiles, que permiten precisamente corroborar lo descrito por Arrhenius (1884).

Gráfica 1. Medidas de conductividad en soluciones de trabajo diluidas a voltaje constante de 9V.



Reflexión sobre la organización por intensidades

Como se evidencia en la gráfica 1 los valores más altos de conductividad corresponden a electrolitos fuertes como el HCl y NaOH, los cuales se mantienen a pesar del cambio de concentración en la solución, por el contrario, los electrolitos débiles como el CH_3COOH y el NH_3 presentan valores de conductividad menor que aumentan a medida que disminuye su concentración hasta alcanzar un valor constante.

Lo anterior acerca a los sujetos a comprender a la conductividad eléctrica como una cualidad fisicoquímica que define a los ácidos y bases como conductores, y que el grado de disociación de las sustancias en iones permite que la corriente eléctrica fluya con mayor o menor resistencia y de esa forma clasificar a los electrolitos en fuertes o débiles. Lo anterior no solamente reivindica los trabajos de Faraday (1848) y Arrhenius (1884) desde un enfoque histórico-crítico, sino que expone que al abordar la cualidad desde una perspectiva fenomenológica se introduce a los sujetos a proponer análisis rigurosos y semejantes a los de autores originales.

Es evidente la complementariedad entre la identificación de cualidades y la organización por intensidades, en la primera el color permite clasificar a las sustancias

en ácidas o básica y construir una ordenación que se asemeja a una escala, sin embargo, es la segunda a través de la conductividad eléctrica la que permite hacer una reordenación de las sustancias de la misma naturaleza según el grado de intensidad.

No obstante, dado lo anterior, la conductividad eléctrica no es suficiente para construir una escala de ordenación que relacione de forma específica y definitiva la composición química de los ácidos y las bases, sino que adquiere una connotación previa al paso de formalización, debido a que apoyada en la ordenación de la cualidad del color, la organización de intensidades permite construir una escala de medida que no es resultado directo de un instrumento de medida sino del proceso cognitivo de los sujetos en su búsqueda de explicaciones formales.

Tercera etapa: Construcción de formas de medida

Como parte final del proceso de formalización y del diseño de la ruta experimental, surge la cualidad de la diferencia de potencial producto del análisis histórico-crítico como la alternativa definitiva que aborda los fenómenos de acidez y basicidad en una única escala que los ordena y clasifica por intensidades.

La construcción de formas de medida comprende dos aspectos interrelacionados e insolubles en el camino a la formalización, por un lado, el avance teórico sobre la composición química de los ácidos y las bases trabajados por Faraday (1834), Kohlrausch (1876) y decantadas por Arrhenius (1898) en la teoría de disociación electrolítica- abrió la puerta a interpretar que la concentración de iones H^+ y OH^- son los responsables de la acidez y la basicidad, por otro lado, el avance técnico en la construcción de instrumentos de medida que precisamente respaldan las proposiciones lógicas fundadas en la medición de dichos iones.

Para el proceso de medida se diseñó el montaje de la imagen 20 en el cual se compara una solución patrón y una solución problema (solución de trabajo) conectadas por un puente salino, y en cada una de las soluciones se sumergen dos electrodos de grafito conectados un multímetro que registra el voltaje.

Cuando ambas soluciones contienen la misma concentración iones H^+ y OH^- el multímetro debe registrar cero voltios, es decir no hay diferencia de potencial. Por ejemplo, si se utiliza agua desionizada como solución patrón y un ácido como solución problema el multímetro debe registrar un valor positivo proporcional a la concentración de dichos iones, en ese sentido un ácido fuerte presentará una mayor magnitud frente a un ácido débil; para el caso de las bases los valores deben ser negativos. Dado lo

anterior la diferencia de potencial construye una escala de medida que relaciona y ordena la composición química de los ácidos y bases a través de la medición de los iones H^+ y OH^- .

Montaje

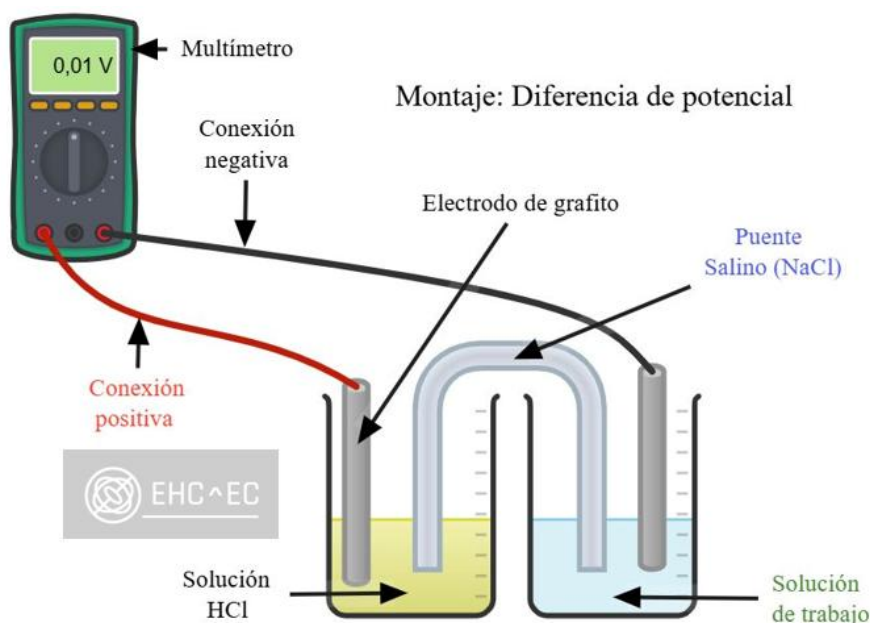
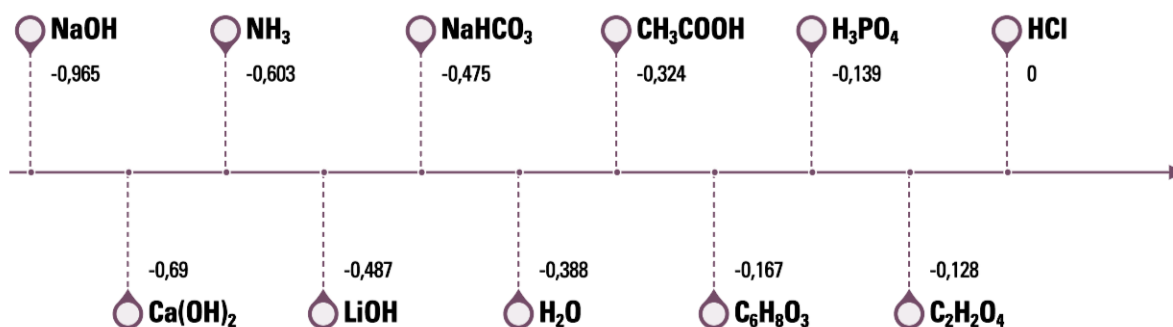


Imagen 20. Diagrama montaje para medir la diferencia de potencial correspondiente al miniproyecto 2. Elaboración propia, Chemix, 2026.

Tabla 6

Resultados diferencia de potencial

Sustancia	Voltaje (mV)	pH
HCl	0	0.96
C ₂ H ₂ O ₄	-0.128	1.15
H ₃ PO ₄	-0.139	1.48
C ₆ H ₈ O ₇	-0.167	2.15
CH ₃ COOH	-0.324	3.14
NaCl	-0.437	7.3
NaHCO ₃	-0.475	9.09
LiOH	-0.487	10.08
NH ₃	-0.603	11.32
Ca(OH) ₂	-0.69	12.79
NaOH	-0.965	13.46



Grafica 2. Ordenación de soluciones de acuerdo la diferencia de potencial.

Reflexión sobre la construcción de formas de medida.

Teniendo en cuenta lo anterior, la medición de la diferencia de potencial da forma a la construcción de una medida definitiva que relaciona de manera directa la presencia de iones H^+ y OH^- en soluciones acuosas, de tal forma, que habiendo trabajado la conductividad eléctrica se da paso a un nivel mayor de abstracción en la que el voltaje de una solución de referencia (el agua en el caso ideal) permite construir una ordenación y comparación frente a diferentes soluciones de naturaleza ácida y básica, como resultado de ese proceso medido en voltaje y su reajuste interpretativo por medio de la ecuación de Nerst surge la escala de pH propuesta por Sørensen.

Para el caso de la ruta experimental, se construye un montaje (imagen 20) con el cual se mide la diferencia de potencial de las soluciones de trabajo frente a una solución de ácido clorhídrico, en consecuencia, se obtiene una ordenación de las diferencias de voltaje que permite construir una escala en la que se precisan las sustancias con naturaleza ácida y básica, esto se pudo corroborar por medio de los valores de control de pH tomados inicialmente al preparar las soluciones de trabajo. La correlación de los valores de diferencia de potencia frente al pH es negativa con un coeficiente de variación alto (superior al 0,95) de lo cual se puede inferir que en la práctica experimental y en clave didáctica se podría medir la diferencia de potencial de varias soluciones estándar con pH conocido y construir una curva de calibración a partir de la cual por medio de la ecuación de la recta se puedan obtener los valores de pH a partir de la medición de la diferencia de potencial en términos de voltaje, esto tiene implicaciones técnicas a las cuales se enfrentan los docentes por ejemplo no tener acceso a un pH-metro, pero si a un multímetro.

Para el desarrollo experimental se utiliza como punto de referencia el HCl que demostraba una diferencia de potencial cercana a cero con sustancias que tienen una mayor cantidad de iones H^+ en la misma concentración y este valor disminuye a medida que los iones OH^- en disolución aumentan; de este modo la diferencia de potencial ofrece una característica relacionada con la composición de las sustancias, que además organiza por naturaleza e intensidad. Desde esa perspectiva, la diferencia de potencial es el puente que conecta la experiencia sensible con la teorización científica.

Es importante mencionar que en el trabajo realizado para la construcción de formas de medida se hizo una aproximación al aparato de medida a través del montaje de la imagen 20. Sin embargo, el montaje -como se había indicado en la reflexión del análisis histórico crítico- carece de un patrón que permita corroborar la fiabilidad de la medición por medio de la estandarización del procedimiento, es decir, una medida de referencia (solución) con la cual se comparen los resultados obtenidos y que funcione al mismo tiempo como sustancia de calibración. En ese sentido, queda abierta la puerta a la construcción de un montaje o aparato (como el desarrollado por Du Bois Reymond) que incluya el criterio de calibración y estandarización. Hay que defender lo que hicimos desde lo didáctico.

Tercera fase

Organizadores gráficos

Los Organizadores gráficos son una representación del modelo mental de los sujetos, que permiten organizar y estructurar de forma visual el conocimiento estableciendo relaciones entre conceptos, hechos e ideas (Bromley, et al. 1995; Kaur y Kamini, 2018) para este caso, la acidez y la basicidad. Por lo cual, se buscará destacar las conexiones entre conceptos o la carencia de estas, los vacíos conceptuales y la fragmentación de relaciones entre conceptos.

Los mapas de síntesis adaptando lo que plantean Luque, et al., (2024) y Ortega y Brame, (2015) a nuestra investigación, son una herramienta visual diseñada para organizar estructuras de conocimiento complejas y representar modelos mentales, lo que nos permite como investigadores reestructurar gráficamente la información de los organizadores gráficos elaborados por los docentes en formación, entorno a los fenómenos y conceptos conexos a la acidez y la basicidad; con el objetivo de identificar

el uso de conexiones y formas de organizar el conocimiento mediante jerarquías y relaciones, y de esa forma analizar la comprensión del sujeto desde dos niveles, el primero relacionado con la estructura general de los organizadores gráficos entendidos estos como una extensión del imaginario de los sujetos, y el segundo, con la identificación de algunos rasgos que nos permitan argumentar y atribuir dicha organización a un modelo de enseñanza y aprendizaje de las ciencias.

Se solicitó a los docentes en formación elaborar dos organizadores gráficos, uno antes de la aplicación de los miniproyectos y otro al finalizarlos, para orientar la elaboración de los organizadores se tuvo en cuenta la siguiente situación hipotética en la que se asume el rol de docente en práctica: “Se acaban de explicar los conceptos y fenómenos asociados a la acidez y basicidad en un curso de grado décimo de educación media, como opción metodológica para la síntesis y retroalimentación del curso, el docente debe presentar a los estudiantes un organizador gráfico (mapa conceptual – mapa de árbol – mapa piramidal – mapa mental)”.

Miniproyectos

Los miniproyectos se definen como tareas experimentales breves que se presentan a los estudiantes como situaciones novedosas y desafiantes —y no como recetarios—, en los cuales deben aplicar conocimientos teóricos y habilidades experimentales mediante la planeación, ejecución y reporte de resultados (Jiménez, 2002). Estas actividades se vinculan con el constructivismo, pues los estudiantes asumen un rol activo en su aprendizaje y desplazan el énfasis de la recepción pasiva; en consecuencia, los saberes previos otorgan sentido a la información nueva. Asimismo, los miniproyectos se relacionan con la teoría del procesamiento de la información —específicamente en el desarrollo de la memoria a largo plazo— y con el aprendizaje basado en problemas (ABP) (Vianna, et al. 1999), debido a su estructura implícita que utiliza problemas como punto de partida para la construcción del conocimiento.

La estructura orgánica de los miniproyectos integra el planteamiento de una pregunta problema, a partir de la cual los estudiantes formulan hipótesis, diseñan modelos experimentales para la recolección de datos y analizan los resultados. De esta forma, se espera que los sujetos desarrollen habilidades cognitivas y cambios conceptuales que puedan ser objeto de estudio en el aula (Jiménez, 2002).

Desde el punto de vista didáctico, este tipo de actividades resultan más interesantes y desafiantes que las clases tradicionales. Asimismo, al diseñar su propia práctica experimental, los estudiantes adquieren un sentido de pertenencia hacia ella y se propicia un espacio de pensamiento crítico, pues el estudiante se ve conducido a emitir juicios razonables sobre sus propias observaciones y, al mismo tiempo, se introducen en el desarrollo de habilidades científicas (Limas, et al. 2020).

Una vez consolidada la primera fase de investigación —orientada a enriquecer la visión del fenómeno—, se integran los elementos para el desarrollo de la ruta experimental. Los miniproyectos actúan como eje articulador, dada su pertinencia con la propuesta fenomenológica, en el sentido de que constituyen intrínsecamente el escenario de acción donde los sujetos dejan de ser receptores pasivos y se convierten en investigadores del fenómeno. En ese sentido, los miniproyectos son un vehículo didáctico que permite que la imagen histórico-crítica del fenómeno no se limite al plano teórico y que, a través de las cualidades objeto de estudio, estas adquieran potencial científico por medio de la práctica experimental. De este modo, la estructura planteada asegura que el tránsito de lo concreto a lo abstracto no sea una imposición, sino una evolución natural de la experiencia sensible hacia los conceptos formales.

Por otro lado, esta misma estructura permite a los docentes investigadores identificar las dificultades emergentes en la aplicación y los cambios en los constructos de los docentes en formación. Ello se logra mediante el análisis complementario de organizadores gráficos y textos argumentativos, a través de un análisis de contenido que posibilita reflexionar sobre cómo estas tareas breves logran que los conceptos construidos tengan un valor superior a los impuestos por la enseñanza tradicional. Del mismo modo, se supera el trabajo algorítmico y se presenta la ciencia como una actividad humana dinámica, en la que, por medio de la ejecución de actividades experimentales intencionadas, se validan los planteamientos históricos y fenomenológicos de los primeros autores.

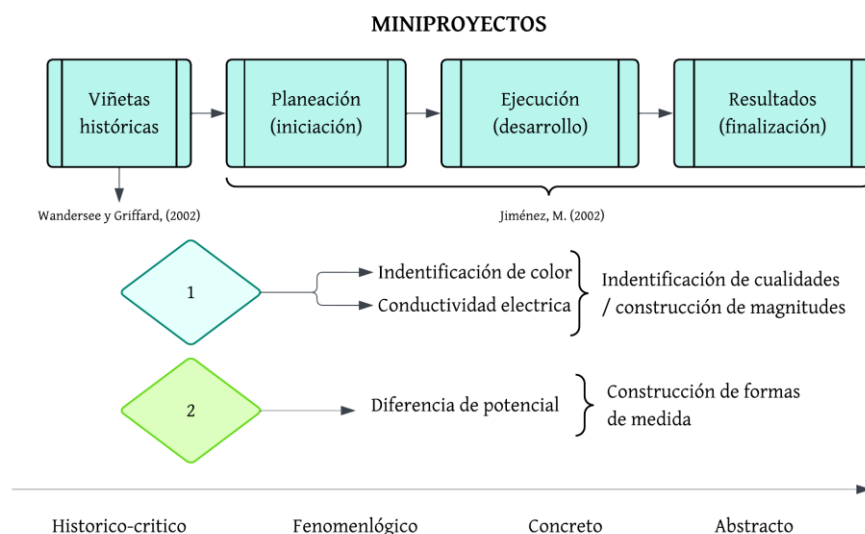


Imagen 21. Estructura general miniproyectos. Elaboración propia. Lucidchart. 2026.

Viñetas Históricas

La historia de la química puede transformar la enseñanza científica al fomentar un entendimiento profundo y consciente en los estudiantes. Integrar contextos históricos ayuda a los sujetos a conectar nuevos conceptos con conocimientos previos, evitando el aprendizaje mecánico de fórmulas. De tal forma que, la técnica de viñetas históricas interactivas utiliza breves narrativas dramáticas sobre desarrollos técnicos y teóricos reales para estimular la curiosidad y el pensamiento crítico. A pesar de obstáculos como la falta de tiempo o recursos, diversas investigaciones demuestran que este enfoque mejora la comprensión de la naturaleza de la ciencia, en ese sentido, se comprende a la química como una construcción social en que el conocimiento deja de ser percibido como un dogma estático a un proceso dinámico (Wandersee y Griffard, 2002).

Las viñetas históricas interactivas son una técnica de instrucción desarrollada por Wandersee en 1990 (Wandersee y Griffard, 2002) que consiste en relatos breves cuidadosamente elaborados para cursos de ciencias, por lo cual, están adaptadas a los conceptos químicos que se estudian en el momento y se centran en un único aspecto importante de la naturaleza de la ciencia. Por lo cual, para el planteamiento de los miniproyectos se incorporaron dos viñetas históricas producto del análisis histórico-crítico, una sobre la construcción de magnitudes y la otra enfoca en la construcción de escalas.

El objeto de las viñetas históricas, en concordancia con el proyecto, es que los sujetos experimenten un cambio positivo sobre la comprensión de cómo funciona la ciencia, de aproximarla a una actividad humana, que además los involucre en la indagación y curiosidad, con el fin de introducirlos a la comprensión de conceptos complejos a través de la lectura y la exploración de actividades de laboratorio (experiencias fenomenológicas), y los docentes que la utilicen -ésta metodología- aborden la historia, la epistemología, las controversias científicas, el desarrollo de formas y aparatos de medida.

En las dos viñetas planteadas se asumen una serie de interrogantes sobre la conductividad eléctrica y la diferencia de potencial que enrutan el proceso investigativo liderado por una serie de detectives -científicos- que van recopilando pistas y armando el rompecabezas que finalmente culmina con la construcción de una solución lógica a las cuestiones iniciales.

Es importante mencionar que las viñetas históricas son la parte introductoria de los miniproyectos que se plantean en la investigación, los cuales buscan contextualizar a los docentes en formación y servir de marco de referencia para la solución del problema –semejante al de la viñeta- que deben desarrollar en el miniproyecto, y de esa forma incluir un contexto histórico que enriquezca las concepciones sobre la ciencia y no se limite a una solución procedimental y teórica.

Aplicación de la ruta experimental

El análisis de los organizadores gráficos se llevó a cabo en dos momentos – actividades. La primera fue la construcción de mapas de síntesis y la segunda por medio del análisis de contenido en el cual se construyó una tabla dividida en categorías teniendo en cuenta las etapas fenomenológicas para la construcción de la ruta experimental.

Mapas de síntesis: organizadores gráficos 1 y 2

Para la construcción de los mapas de síntesis se tuvo en cuenta el orden jerárquico de las palabras y la organización gráfica que establecieron los docentes en formación sobre la acidez y la basicidad, de este modo, se reorganizaron las ideas y se construyó un organizador gráfico general (Mapa síntesis) con el fin de elaborar una imagen panorámica

próxima a las estructuras cognitivas respecto a cómo conciben la enseñanza de los fenómenos de acidez y basicidad.

En la revisión de los organizadores gráficos 1 (ver [anexo 1](#)) se identificaron 4 ideas principales o categorías en común: ácidos, bases, usos en el entorno y escala de pH, dichos organizadores se representan en el mapa de síntesis de la imagen 22.

Las categorías ácido y base están divididas en dos subcategorías, en teorías y propiedades organolépticas:

- En las teorías se encuentran los reduccionismos clásicos de Arrhenius, Bronsted - Lowry, y Lewis utilizados en algunos libros de texto.
- En las propiedades organolépticas se asocian palabras con el sabor, color, tacto y olor.

Continuando, para la categoría de uso cotidiano, los docentes en formación asocian sobre todo productos de limpieza y alimentos.

Finalmente, en la categoría escala de pH hacen alusión a la concentración de iones hidrógeno y su relación a los valores que comprenden los ácidos ($\text{pH} < 7$), las bases ($\text{pH} > 7$) y lo neutro $\text{pH} = 7$.

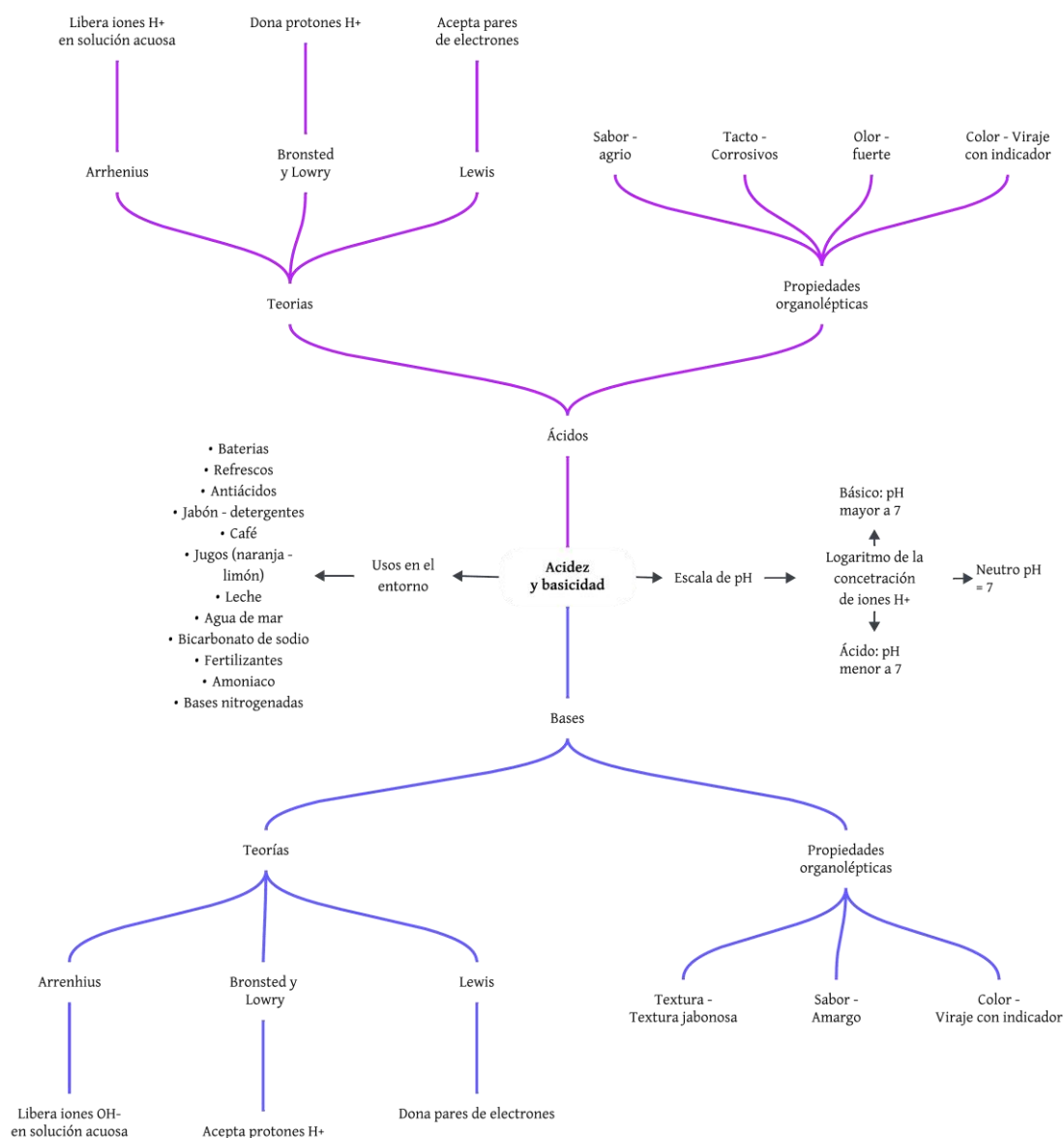


Imagen 222. Mapa de síntesis del primer organizador gráfico sobre la acidez y la basicidad. Elaboración propia. Lucidchart. 2026.

En la construcción del mapa de síntesis (Imagen 23) de los organizadores gráficos 2 (ver [Anexo 3](#)) se tuvo en cuenta las categorías en común utilizadas por los docentes en formación, las cuales fueron permeadas por la aplicación de los miniproyectos; de allí que surgieran dos categorías: la primera hace referencia a autores y sus aportes a la construcción de los conceptos de acidez y basicidad, y la segunda relaciona las etapas para la construcción fenomenológica abordadas en la ruta experimental (identificación de cualidades, construcción de escalas y la construcción de formas de medida).

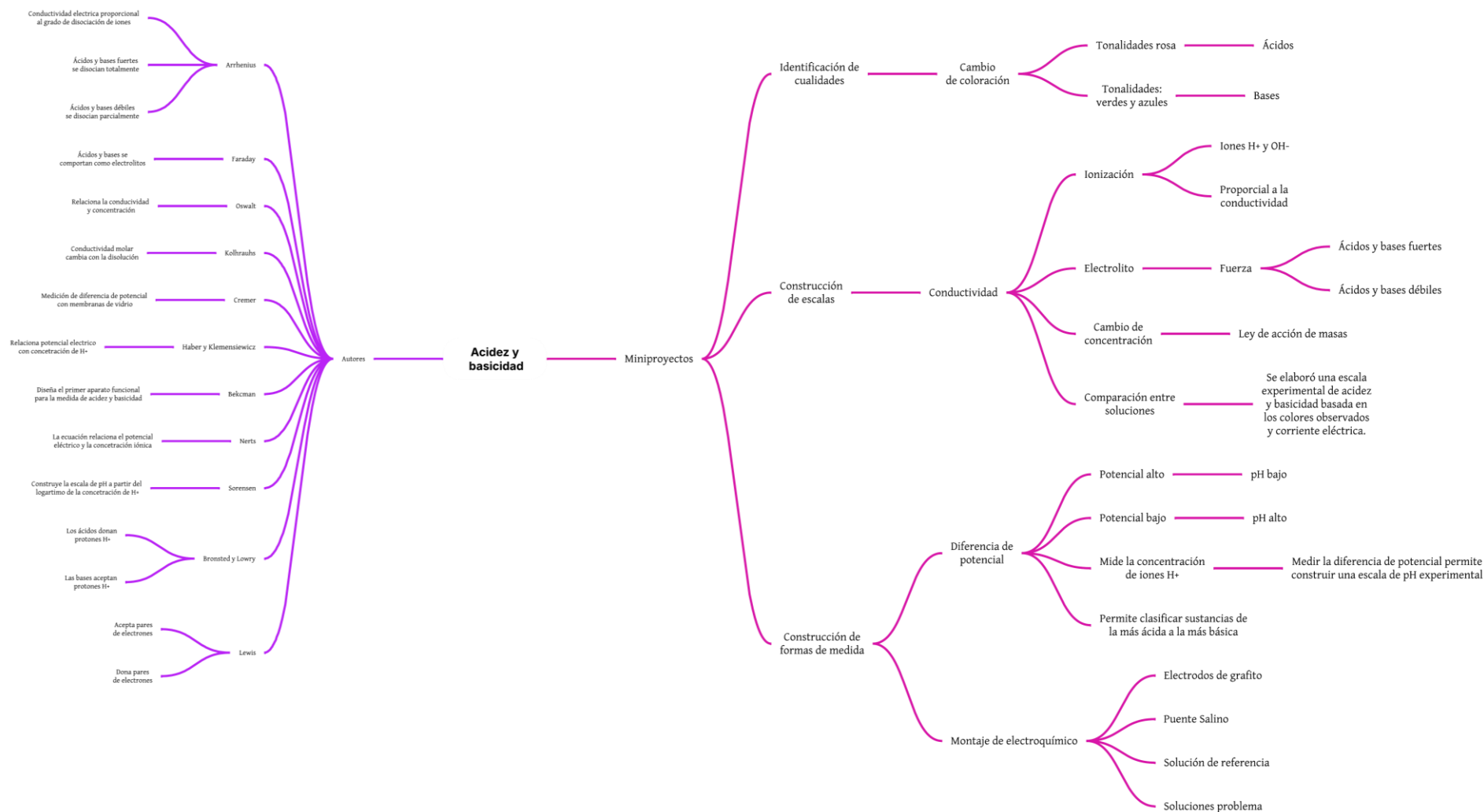


Imagen 223.. Mapa de síntesis del segundo organizador gráfico sobre la acidez y la basicidad. Elaboración propia. Lucidchart. 2026.

Reflexión Mapas de síntesis:

Como punto de partida los organizadores gráficos fueron diseñados, hipotéticamente, para la síntesis de una clase de química sobre los conceptos y fenómenos relacionados con la acidez y la basicidad en grado décimo. A partir de los cuales y a través de la construcción de los mapas de síntesis se busca establecer una conexión de la concepción que tienen los docentes en formación sobre la enseñanza de la acidez y basicidad.

Mapa de síntesis 1.

Teniendo en cuenta el mapa de síntesis 1 (imagen 22), es válido suponer que los docentes en formación en las categorías “ácido y base” - la subcategoría “teoría”- y en la categoría “escala de pH” se alinean con una visión positivista en la que la información es organizada de forma lineal y secuencial, por ejemplo, hacen referencia únicamente a los autores más conocidos y trabajados en los libros de texto a los que se les atribuye una formulación teórica para definir los conceptos de acidez y basicidad, además, relacionan a la escala de pH –de Sörensen- y sus equivalencias como parte estructural de la definición de ácidos y bases.

Por otra parte, la categoría “ácido y bases” -subcategoría “propiedades organolépticas”- y la categoría “uso cotidiano” se aproxima de manera implícita a los planeamientos fenomenológicos, sin embargo, no es explícita su forma de aplicabilidad en el contexto educativo que se relacione con el fenómeno para la construcción de definiciones y conceptualizaciones teóricas, es decir, no es claro si el aporte fenomenológico de estas cualidades contribuye a la construcción de abstracciones o si simplemente son mencionadas de una forma generalizada.

Finalmente, en los organizadores gráficos no existe una relación evidente con la historia y epistemología que aporte pistas alrededor de las formas en cómo, cuándo y porqué se formalizaron los conceptos de la acidez y basicidad.

Mapa de síntesis 2.

En el mapa de síntesis 2 (imagen 23) se evidencia una influencia de la ruta experimental reflejada en las categorías: “Miniproyectos” y “autores”.

Por un lado, en la categoría autores se hace referencia de forma implícita a la historia y la epistemología porque se relacionan una serie de ideas formales, atribuidas a un autor, que contribuyeron en su momento a la conceptualización de los fenómenos de acidez y basicidad, sin embargo, no se hacen referencias que indique las formas en cómo tales ideas se estructuran para la enseñanza o si se recae en su mención únicamente como hitos históricos.

Por otro lado, en la categoría miniproyectos se relacionan las tres etapas de la ruta experimental y a cada una se le adjudica un planteamiento teórico en función a las cualidades que describen al fenómeno y que lo formalizan de forma progresiva.

En ese sentido, se puede apreciar una conexión entre las proposiciones teóricas que surgen del trabajo experimental con los miniproyectos (fenomenológico) y lo planteado históricamente por los autores. Se parte del fenómeno para la construcción de abstracciones.

Organizadores gráficos y etapas fenomenológicas

El objetivo del análisis de contenido es identificar palabras, frases, autores y descripciones sobre los fenómenos asociadas a los fundamentos conceptuales sobre cada una de las etapas. Cabe aclarar que la ruta experimental consta de tres etapas, sin embargo, en el fundamento teórico del proyecto se menciona a las propiedades según su composición como una parte fundamental de la historia que no puede ser obviada, si no que, para fines prácticos de la investigación no es tomada en cuenta dado que el alcance histórico y fenomenológico la sitúa hasta los planteamientos de Arrhenius culminando con Sörensen, por lo cual, las teorías de Bronsted- Lowry y Lewis⁶ (posteriores) no hacen parte estructurante de la ruta experimental planteada.

El resultado del análisis del contenido se puede apreciar en el [Anexo 18](#), para tal organización se tuvieron en cuenta los criterios propios de la perspectiva fenomenológica.

- Identificación de cualidades: Se tuvieron en cuenta palabras asociadas a las propiedades organolépticas.

⁶ Reconocemos que reiterar los aportes de las teorías de Bronsted- Lowry y Lewis dentro de nuestro proyecto, sin ahondar en sus presupuestos fenomenológicos, nos hace recaer en una visión positivista-acumulativa de las ciencias, aunque se evidencia persistencia en las propuestas de los segundos organizadores gráficos elaborados por los docentes en formación.

- Construcción de escalas de medida: como se mencionó en el fundamento teórico y en el análisis histórico crítico, se ubicaron principalmente palabras asociadas a la conductividad eléctrica y las proposiciones sobre los electrolitos.
- Construcción de formas de medida: Igualmente se ubicaron palabras relacionadas con los planteamientos asociados a la diferencia de potencial eléctrico, la construcción del aparato y la escala de medida del pH.
- Propiedades según su composición: Se asociaron las teorías clásicas de la acidez y la basicidad, junto con sus definiciones.

Análisis de Mapas de Síntesis

Al estructurar la información de los organizadores gráficos dentro de las categorías de análisis se establece que, de forma general, al reorganizar y fragmentar las ideas estas se estructuran de tal forma que convergen con las etapas fenomenológicas surgidas del análisis histórico-crítico:

Tabla 7. Reflexión y análisis mapas de síntesis

	Mapas de síntesis 1	Mapa de Síntesis 2
Identificación de cualidades	Se enfoca principalmente en las propiedades organolépticas relacionadas con el sabor, textura y color. Se hace un uso estándar de indicadores como el papel tornasol y la fenolftaleína.	Eleva las categorías organolépticas al incluir un contexto histórico y químico más amplio. Además, amplía el espectro de indicadores a fuentes naturales (col morada, cúrcuma, pétalos de rosa, bayas de saúco) y explica el fenómeno como una ionización de pigmentos.
Organización por intensidades	Relaciona que la conductividad permite clasificar las sustancias en fuertes y débiles. Se limita a señalar que las soluciones acuosas conducen electricidad y que la ionización (completa o incompleta) determina esta fuerza.	Profundiza en la fuerza de las sustancias, diferenciando entre ácidos/bases fuertes y débiles según su grado de disociación. Define la conductividad como una medida de la cantidad de iones libres que transportan la corriente. Aporta una base epistemológica citando a científicos clave, menciona a Faraday y el concepto de electrolito; a Arrhenius y la teoría de la disociación iónica; y a Kohlrausch, quien estudió la

		conductividad molar y su variación en la dilución.
Construcción de formas de medida	Propone una organización basada en la escala de pH, situando el punto neutro en 7 y dividiendo las intensidades en "menor a 7" para ácidos y "mayor a 7" para bases. Define el pH como el logaritmo de la concentración de iones H^+ y establece los rangos clásicos: ácido, neutro y básico.	Indica que la diferencia de potencial no solo es un número en una escala, sino que se relaciona con la concentración iónica y el potencial eléctrico (alto o bajo), permitiendo clasificar las sustancias desde la más ácida hasta la más básica de manera técnica. Explica cómo la acidez se convierte en una señal eléctrica cuantificable. Introduce la ecuación de Nernst para relacionar el potencial eléctrico con la concentración iónica. Detalla la instrumentación mediante el uso de electrodos de vidrio (mencionando a Max Cremer) y el desarrollo del medidor de pH por Beckman. Además, reconoce a Srensen no solo por la escala, sino por su aplicación en el estudio de enzimas y proteínas
Propiedades según su composición	El análisis de la composición química se estructura bajo las tres teorías fundamentales: • Arrhenius: se identifica la liberación de iones (ácidos) y (bases) en medio acuoso. • Brønsted-Lowry: Se centra en la donación y aceptación de protones. • Lewis: Define a los ácidos como aceptores y a las bases como donantes de pares de electrones.	

La evolución entre los mapas de síntesis evidencia una transición entre el paradigma positivista⁷ y constructivista dado que pasa de presentar a la acidez y la basicidad como un conjunto de verdades absolutas acabadas en las que se prioriza la memorización de reglas

⁷ Como lo menciona Furió, et al. (2000) de acuerdo con Gil (1993) la visión acumulativa lineal de la ciencia consiste principalmente en la creencia de que el conocimiento científico se va descubriendo e incorporando linealmente a los ya existentes. Esta creencia se deriva de una visión empirista de la ciencia donde se supone que cada teoría descubierta es la misma que la anterior pero más general.

matemáticas como que el pH es el resultado del logaritmo negativo de la concentraciones de iones H^+ , a un enfoque en el que, a partir de la declaración estructurada de los aportes de diversos autores se sitúa a la ciencia como una construcción social, en la que se relaciona la evolución de los conceptos a partir de una dimensión instrumental y experimental (miniproyectos, uso de electrodos), reconociendo que los instrumentos no solo miden la realidad, sino que ayudan a definirla y cuantificarla. En ese sentido se pasa de una observación ingenua a una modelización del fenómeno que debe ser entendido primero desde sus cualidades⁸.

Desde esa línea, la ruta experimental aporta a los docentes en formación y en ejercicio una perspectiva fenomenológica y un enfoque histórico, que influye en la estructura cognitiva y reestructura las formas de abordar los fenómenos de la acidez y la basicidad en el aula. Lo que propició que los docentes en formación transitaran de una visión simplista y fragmentada de la química para adoptar una estructura conceptual integrada que reconoce la interdependencia entre la teoría, la historia y los aparatos de medida.

Construcción de organizador gráfico por docentes investigadores

Teniendo en cuenta lo anterior como docentes en formación y ejercicio proponemos un organizador gráfico (imagen 24) que integra la perspectiva fenomenológica y el enfoque histórico-crítico, como una metodología para abordar los fenómenos de acidez y basicidad.

⁸ La perspectiva fenomenológica y el enfoque histórico crítico integran de forma efectiva la forma en cómo nuevos conceptos, fenómenos, experimentos y aparatos dieron paso a la construcción de nuevas proposiciones lógicas.

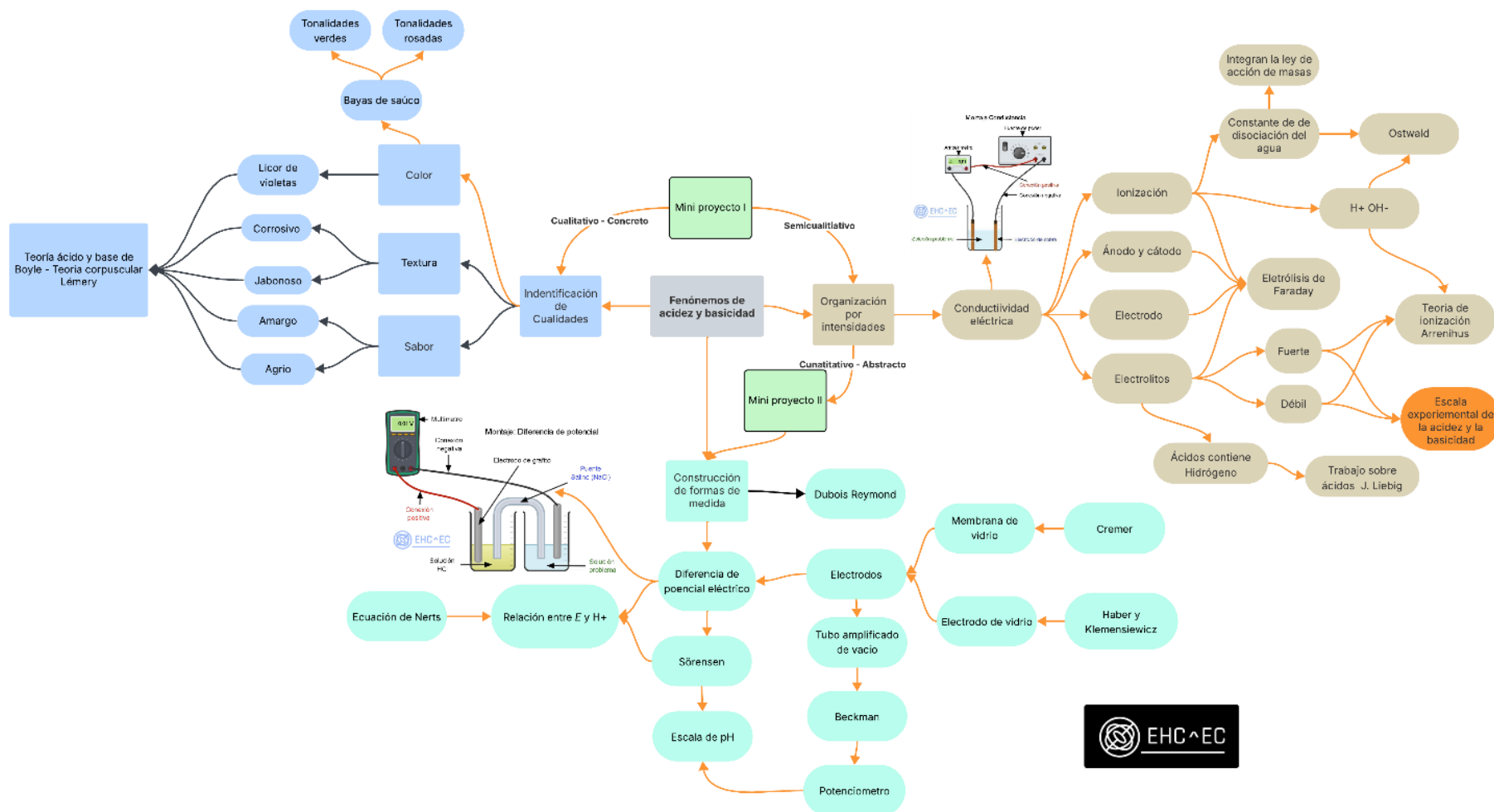


Imagen 224. Organizador gráfico elaborado por docentes investigadores. Elaboración propia. Lucidchart. 2026.

Reflexión organizador grafico por docentes investigadores

El análisis histórico-crítico, en intersección con la perspectiva fenomenológica, estructura una mirada inductiva que influye en la construcción del organizador gráfico. Este organizador busca un avance progresivo en el nivel de análisis de cada cualidad estudiada, por lo que guarda estrecha relación con la ruta diseñada: inicia con la percepción sensorial del color, continúa con un carácter cuantitativo asociado a la medición de la intensidad eléctrica y finaliza con una medida que refuerza las organizaciones previas. Así se aborda el fenómeno desde una mirada multidimensional.

El organizador gráfico es producto de las reflexiones de los docentes en formación, en consonancia con el planteamiento teórico y experiencial del trabajo de investigación realizado por los docentes en ejercicio. Desde esa perspectiva, su diseño es coherente con las tres etapas fenomenológicas de la ruta experimental, en una secuencia interdependiente: se pasa de la observación intencionada a la construcción de abstracciones, transitando por los aportes teóricos y técnicos de diversos científicos. En ese sentido, los fenómenos se comprenden articulando historia, teoría y práctica.

El organizador gráfico entendido como un mapa de síntesis global en comparación con los mapas de síntesis 1 y 2, divisa cómo la acidez y basicidad al ser abordada desde los EHC y la PEFE de forma implícita inducen a los docentes en formación y en ejercicio a la revisión de su práctica docente y de forma explícita a su transformación, de esa forma se aprecia como el centro de discusión no son las teorías sino las cualidades del fenómeno, esta inversión del discurso se alinea con lo propuesto por Østergaard, et al y es coherente con las miradas constructivistas.

Cuarta fase

Revisión de los Miniproyectos

En la aplicación de los miniproyectos se trabajó con 10 de las 11 soluciones de trabajo -se excluyó al ácido fosfórico⁹- las cuales fueron etiquetadas con letras de la A a la J con el fin de que los docentes en formación trabajaran con soluciones problema y de ese modo evitar que el proceso perceptual, correspondiente a cada una de las etapas fenomenológicas, se viera

⁹ Solución contaminada al momento de la implementación de la ruta experimental.

influenciado por el conocimiento previo del nombre de las soluciones. Además, para el proceso experimental se organizaron 3 grupos de trabajo con un total de 10 participantes.

Miniproyecto 1

Para el análisis de resultados del miniproyecto 1 se tendrán en cuenta los anexos [6](#) y [7](#), el primero relaciona el miniproyecto, y el segundo recoge las respuestas a los diferentes ítems.

En las siguientes tablas (8, 9 y 10) se presentan los resultados producto de la revisión del anexo 7 a partir de los cuales se hizo una reorganización que tuvo en cuenta la integración de datos cualitativos (color) y cuantitativos (conductividad) en una única escala jerárquica. Por lo cual se establecieron los siguientes principios:

- Los valores de conductividad eléctrica (amperaje -mA) no fueron modificados.
- Se asignó otra descripción al color que relaciona la [operacionalización del color](#) realizada por los docentes investigadores.
- Se incluyó la *naturaleza* de la sustancia como una descripción cualitativa producto de organización de los valores del color y la conductividad.
- Finalmente, son reasignados los posibles reactivos conforme a las letras de las soluciones problema.

Tabla 8

Revisión de resultados miniproyecto 1 grupo 1.

Solución Problema	Amperaje (mA)	Color	Naturaleza	Posible reactivo
J	255	Rosado 10	Ácido Fuerte	Ácido clorhídrico
D	50	Rosado 5	Ácido Fuerte	Ácido oxálico
F	7	Rosado 10	Ácido Débil	Ácido cítrico
B	2,8	Rosado 3	Ácido Débil	Ácido acético
I	54	Incoloro	Neutra	Cloruro de sodio
K	47	Verde 1	Base Débil	Amoníaco
E	3,5	Verde 4	Base Débil	Bicarbonato de sodio
G	40	Verde 2	Base Débil	Hidróxido de Litio
C	110	Verde 8	Base Fuerte	Hidróxido de sodio
A	110	Verde limón 8	Base Fuerte	Hidróxido de calcio

Nota: ver “[resultados grupo 1, miniproyecto 1](#)”. Reasignaciones: letra D → ácido oxálico a cambio del ácido fosfórico, letra K → amoníaco y letra E → bicarbonato.

Tabla 9*Revisión de resultados miniproyecto 1 grupo 2*

Solución Problema	Amperaje (mA)	Color	Naturaleza	Posible Reactivo
J	110	Rosado 8	Ácido Fuerte	Ácido clorhídrico
F	14	Rosado 10	Ácido Fuerte	Ácido oxálico
D	8	Rosado 2	Ácido débil	Ácido cítrico
B	1	Rosado 3	Ácido débil	Ácido acético
C	31	Verde limón 8	Base Fuerte	Hidróxido de Calcio
G	20	Azul 5	Base Débil	Amoníaco
I	36	Incoloro	Neutro	Cloruro de sodio
K	6,9	Azul 1	Base Débil	Hidróxido de Litio
E	1	Azul 3	Base Débil	Bicarbonato de sodio
A	90	Verde Limón 10	Base Fuerte	Hidróxido de Sodio

Nota: ver “[resultados grupo 2, miniproyecto 1](#)”, Reasignaciones: I → cloruro de sodio, K → hidróxido, C → l hidróxido de calcio, G → amoníaco y A → hidróxido de sodio.

Tabla 10*Revisión de resultados miniproyecto 1 grupo 3*

Solución Problema	Amperaje (mA)	Color	Naturaleza	Posible reactivo
J	110	Rosado 10	Ácido Fuerte	Ácido clorhídrico
F	14	Rosado 10	Ácido Fuerte	Ácido oxálico
D	8	Rosado 6	Ácido Débil	Ácido cítrico
I	36	Incoloro	Neutra	Cloruro de sodio
K	1	Azul 2	Base Débil	Bicarbonato de sodio
B	1	Rosado 4	Ácido Débil	Ácido acético
A	90	Verde limón 6	Base Fuerte	Hidróxido de sodio
C	31	Verde limón 8	Base Fuerte	Hidróxido de calcio
G	20	Azul 4	Base Débil	Amoníaco
E	6,9	Azul 8	Base Débil	Hidróxido de Litio

Nota: ver “[resultados grupo 3, miniproyecto 1](#)”, Reasignaciones: D → ácido cítrico, B → ácido acético, F → ácido oxálico, K → bicarbonato de sodio, G → amoníaco, C → hidróxido de calcio y se omite el agua desionizada.

Para los ítems 7.2, 7.3 y 7.4 del miniproyecto (ver anexo 7) se hace una reflexión general sobre las respuestas de los docentes en formación en clave a las categorías: identificación de cualidades y organización por intensidades teniendo en cuenta:

- 7.2: La comprensión del rol cualitativo y perceptual de los indicadores.

- 7.3: La conexión entre conductividad, disociación iónica y el establecimiento de una escala de medida.
- 7.4: La reflexión pedagógica sobre la implementación de la ruta experimental desde una perspectiva histórico-crítica.

Ítem 7.2 ¿Cuál es la importancia que tiene el uso de indicadores colorimétricos en el establecimiento de escalas perceptuales sobre la acidez y basicidad?

Los indicadores permiten la clasificación fenomenológica inicial de ácidos y bases, anterior al establecimiento de leyes matemáticas o teorías, de esa forma el color actúa como una analogía sensorial fundamental para explicar conceptos abstractos, en esa línea, la capacidad de distinguir cualitativamente usando la observación y la interpretación de evidencias experimentales asociadas al color, es crucial para el posterior desarrollo de proposiciones lógicas. Adicionalmente, la implementación de un indicador natural (extracto de bayas de saúco) conecta la práctica con la accesibilidad y mantiene la función primaria de establecer escalas de acidez y basicidad.

Ítem 7.3 ¿Qué importancia tiene el uso de los valores de conductividad para el establecimiento de una escala de medida de acidez y basicidad?

La capacidad de distinguir cualitativamente, usando la observación y la interpretación de evidencias experimentales es crucial desde la perspectiva fenomenológica ya que exige la mención explícita de los iones H^+ y OH^- como responsables de la conductividad, siendo estos definitorios según Arrhenius para los ácidos y las bases. Los docentes en formación relacionan que es importante mencionar que antes de esa concepción estuvo Faraday (1834) quien conectó la química con la electricidad, clasificando los electrolitos, y Kohlrausch (1876) quien estableció que la conductividad depende de los iones.

Ítem 7.4 ¿Cómo contribuye este taller a su formación docente para la enseñanza y aprendizaje de los fenómenos de acidez y basicidad?

De acuerdo a las respuestas la secuencia de la observación cualitativa a la medición cuantitativa replica la evolución conceptual de la química, reflexionando positivamente sobre la accesibilidad y el fomento de la experimentación es positiva, sin embargo, los docentes en formación no profundizan en cómo la propuesta contribuye a la enseñanza y el aprendizaje conceptual de los fenómenos de acidez y basicidad.

Discusión

Miniproyecto II

Para el análisis de resultados del miniproyecto 2 se tendrán en cuenta los anexos [8](#) y [9](#), el primero relaciona el miniproyecto, y el segundo recoge las respuestas a los diferentes ítems.

En las siguientes tablas (11, 12 y 13) se presentan los resultados producto de la revisión del anexo 9 a partir de los cuales se hizo una reorganización que tuvo en cuenta la interpretación y tabulación precisa de los datos con la correcta ordenación del ácido más fuerte a la base más fuerte teniendo como criterio central la diferencia de potencial (E) para la construcción de una escala de medida. Por lo cual se establecieron los siguientes principios:

- Los valores de diferencia de potencial (Voltaje -mV) no fueron modificados y se mantuvo su ordenación de mayor a menor.
- Se asignó otra descripción al color que relaciona la [operacionalización del color](#) realizada por los docentes investigadores.
- Se incluyó la *naturaleza* de la sustancia como una descripción cualitativa producto de organización de los valores de conductividad.
- Finalmente, son reasignados los posibles reactivos conforme a las letras de las soluciones problema.

Resultados grupo 1

Tabla 11.

Revisión de resultados miniproyecto 2 grupo 1.

Solución Problema	Voltaje (mV)	Naturaleza	Color	Posible reactivo
J	0,5	Ácido Fuerte	Rosado 10	Ácido Clorhídrico
F	0,15	Ácido Débil	Rosado 10	Ácido Oxálico
I	-0,106	Neutra	Incoloro	Cloruro de Sodio
B	-0,16	Ácido Débil	Rosado 3	Ácido acético
D	-0,22	Ácido Fuerte	Rosado 5	Ácido cítrico
G	-0,231	Base Débil	Verde 2	Bicarbonato de sodio
K	-0,253	Base Débil	Verde 1	Hidróxido de Litio
E	-0,356	Base Débil	Verde 4	Amoniaco
C	-0,386	Base Fuerte	Verde 8	Hidróxido de calcio
A	-0,39	Base Fuerte	Verde limón 8	Hidróxido de sodio

Nota: ver “[resultados grupo 1, miniproyecto 2](#)”, Reasignaciones: $F \rightarrow$ ácido oxálico, $D \rightarrow$ ácido cítrico, $G \rightarrow$ bicarbonato de sodio, $K \rightarrow$ hidróxido de litio, $E \rightarrow$ amoníaco, $C \rightarrow$ hidróxido de calcio y $A \rightarrow$ hidróxido de sodio.

Resultados grupo 2

Tabla 12.

Revisión de resultados miniproyecto 2 grupo 2.

Solución Problema	Voltaje (mV)	Naturaleza	Color	Posible Reactivo
J	236	Ácido Fuerte	Rosado 8	Ácido clorhídrico
D	230	Ácido Débil	Rosado 2	Ácido cítrico
F	220	Ácido Fuerte	Rosado 10	Ácido oxálico
B	124	Ácido Débil	Rosado 3	Ácido acético
I	-58	Neutra	Incoloro	Cloruro de sodio
G	-95	Base Débil	Azul 5	Bicarbonato de sodio
K	-235	Base Débil	Azul 1	Hidróxido de Litio
E	-257	Base Débil	Azul 3	Amoníaco
C	-330	Base Fuerte	Verde limón 8	Hidróxido de calcio
A	-571	Base Fuerte	Verde Limón 10	Hidróxido de sodio

Nota: ver “[resultados grupo 2, miniproyecto 2](#)”, Reasignaciones: $G \rightarrow$ bicarbonato de sodio y $E \rightarrow$ amoníaco.

Resultados grupo 3

Tabla 13

Revisión de resultados miniproyecto 2 grupo 3

Solución Problema	Voltaje (mV)	Naturaleza	Color	Posible reactivo
J	327	Ácido Fuerte	Rosado 10	Ácido Clorhídrico
F	388	Ácido Fuerte	Rosado 10	Ácido oxálico
B	391	Ácido Débil	Rosado 4	Ácido cítrico
D	526	Ácido Débil	Rosado 6	Ácido acético
I	533	Neutra	Incoloro	Cloruro de sodio
G	560	Base Débil	Azul 4	Bicarbonato de sodio
E	624	Base Débil	Azul 8	Hidróxido de litio
K	654	Base Débil	Azul 2	Amoníaco
C	723	Base Fuerte	Verde limón 8	Hidróxido de Calcio
A	789	Base Fuerte	Verde limón 6	Hidróxido de sodio

Nota: ver “[resultados grupo 3, miniproyecto 2](#)”, Reasignaciones: $F \rightarrow$ ácido oxálico, $B \rightarrow$ ácido cítrico, $G \rightarrow$ bicarbonato de sodio, $E \rightarrow$ hidróxido de litio, $K \rightarrow$ amoníaco, $C \rightarrow$ hidróxido de calcio, se omite el agua desionizada.

Para los ítems 7.2, 7.3 y 7.4 del mini proyecto (ver anexo 9) se hace una reflexión general sobre las respuestas de los docentes en formación en clave a las categorías: identificación de cualidades, organización por intensidades y construcción de escalas de medida teniendo en cuenta:

- **7.2** La argumentación integra formalmente la Ecuación de Nernst y explica cómo el potencial (E) clasifica ácidos y bases (positivos para ácidos, negativos para bases), justificando la relación logarítmica de la escala pH.
- **7.3** La reflexión demuestra cómo la ruta experimental y el contexto histórico del miniproyecto pueden ser utilizados para estructurar la enseñanza y aprendizaje.
- **7.4** Describe de forma concisa y secuencial cómo la Diferencia de Potencial fue el mecanismo físico central que permitió *medir lo invisible*, citando los aportes de algunos científicos que se vieron involucrados.

Ítem 7.2 Si en este trabajo se logra hacer una escala de medida de acidez y basicidad, argumente ¿Cuál es la relación entre la acidez, la basicidad y la diferencia de potencial para el establecimiento de una escala de medida?

Se establece una relación con la viñeta histórica en la cual se señala que la diferencia de potencial permite ordenar ácidos y bases, y al tabular los datos se evidencia que los ácidos tienen valores positivos y las bases valores negativos, lo que cita a los planteamientos de Cremer (1906), Haber y Klemensiewicz (1909) sobre la diferencia de potencial. Adicionalmente, no se establece una relación entre la Ecuación de Nernst y la diferencia que llevan a la escala de pH.

Ítem 7.3 ¿Cómo contribuye este taller a su formación docente para la enseñanza y aprendizaje de los fenómenos de acidez y basicidad?

El grupo indica cómo la ruta propuesta, sobre todo el contexto histórico-crítico que da un carácter colaborativo a la ciencia, genera estrategias para que el estudiante sea un sujeto activo en el aprendizaje. También, se destaca la importancia de explicar a los estudiantes que la medida de acidez se relaciona con la presencia de iones y el intercambio de electrones (como la conductividad y diferencia de potencial).

7.4 ¿Cómo la diferencia de potencial contribuyó a la construcción de un medidor de pH?

Mencionan que Beckman integró los conceptos de la diferencia de potencial -cualidad central- como puente fundamental entre lo químico (acidez/basicidad) y lo eléctrico (medición) en un dispositivo que amplifica y muestra el pH. Sin embargo, se omite citar a los precursores clave mencionados en las viñetas históricas, como Max Cremer (membrana de vidrio), Haber y Klemensiewicz (dependencia del potencial con $[H^+]$).

Discusión sobre los miniproyectos

El desarrollo de fenomenologías asociadas al miniproyecto 1 -orientado a la identificación de cualidades y a la organización por intensidades-, parte del reconocimiento de los cambios de coloración como primer eslabón para la formalización del conocimiento. Los docentes en formación se aproximan al fenómeno mediante un lenguaje descriptivo, asignando a cada color un adjetivo que denota su intensidad. Esta aproximación resulta relevante, pues se distancia de los procesos cuantitativos comúnmente asociados a los ácidos y las bases, sin dejar de constituir una descripción válida para la organización inicial de las sustancias.

No obstante, desde la perspectiva de los docentes investigadores, se hace necesario reflexionar sobre la importancia de operacionalizar las intensidades como alternativa al uso exclusivo de adjetivos. En este sentido, se produce un desplazamiento de lo cualitativo a lo cuantitativo a partir de la geometrización de la cualidad, lo cual resulta fundamental para el análisis de los resultados al tender un puente con los valores de conductividad eléctrica. El análisis de dichos valores permite resignificar la operacionalización del color, estableciendo una conexión entre la disociación electrolítica y la intensidad del color. Los sujetos identifican una correlación positiva entre la intensidad del color y la magnitud de la electricidad que conduce la solución, de modo que ambos elementos —color y conductividad— conducen a la comprensión de la acidez y la basicidad desde la reflexión e interpretación propias de los datos obtenidos, en contraste con los planteamientos históricos problematizados a partir de la viñeta histórica.

Continuando con el miniproyecto 2 diseñado para abordar la tercera etapa de la construcción fenomenológica por medio del estudio de la conductividad eléctrica, se conduce a los docentes en formación a establecer una relación cuantitativa entre la composición química de los ácidos y las bases y su comportamiento eléctrico respecto a un patrón de referencia. A través de las viñetas históricas que contextualizan y problematizan la búsqueda de la medida

del fenómeno y la construcción de un aparato que aborde la dicotomía entre teoría y experimento.

En ese sentido los docentes en formación reconocen los aportes del análisis histórico crítico para reflexionar sobre el fundamento de los aparatos contruidos para medir la acidez y basicidad y elaborar un montaje que mantenga los mismos principios. Lo que acerca al sujeto a relacionar los aportes teóricos y técnicos desde un enfoque epistemológicamente para delimitar y medir el fenómeno a partir de la construcción de sus propias fenomenologías e interpretaciones del fenómeno.

Los docentes en formación reconocen el contexto histórico del miniproyecto como sustento para alcanzar abstracciones, valorando las cualidades descriptivas empleadas por autores primarios en la creación de clasificaciones iniciales de ácidos y bases. El proceso transitorio de descripción del fenómeno ejemplifica las formas históricas que condujeron a postulados hoy estandarizados en los libros de texto. Profundizar en estas prácticas experimentales contextualizadas resulta positivo para la formación docente y, adicionalmente, desde el ámbito educativo, dicho proceso se presenta como accesible para ser planificado y ejecutado en diversas aulas de clase.

Aunque explícitamente los docentes en formación no profundizan sobre el impacto pedagógico y didáctico en su propia formación, ello no implica necesariamente la ausencia de cambios en su concepción de la praxis educativa. En los organizadores gráficos y los textos argumentativos se evidencian modificaciones en las formas de estructurar la información, lo que revela una reacomodación de sus modelos cognitivos. En este sentido, resulta significativa la participación de los docentes en formación en la construcción de descripciones y organizaciones del fenómeno a partir de sus propias percepciones y constructos cognitivos aplicados en el desarrollo y resolución de los miniproyectos.

Desde la perspectiva de los docentes investigadores, el proceso de reflexión sobre el diseño y la aplicación de los miniproyectos resulta nutritivo, pues al establecer una ruta estructurada desde la cualidad del color y la conductividad eléctrica se asocian los desarrollos históricos en los campos técnicos, teóricos y experimentales. Abordados desde la perspectiva fenomenológica, dichos desarrollos adquieren sentido bajo el modelo constructivista para la comprensión de la acidez y la basicidad no como conceptos preestablecidos, sino como

conceptos a elaborar. La problematización de las actividades se nutre del contexto histórico y se aborda mediante un lenguaje que se construye a partir tanto del análisis de los resultados experimentales como de la interpretación del discurso. Este enfoque cuestiona la práctica docente tradicional y proporciona herramientas para la construcción de experiencias, así como para el tránsito del docente transmisor al docente investigador, al demostrar la viabilidad de construir el fenómeno desde el contexto histórico y perceptual.

Reflexiones y análisis de los textos argumentativos

El texto, según Bernández (1982), es la unidad lingüística comunicativa fundamental, producto de la actividad verbal humana, que posee siempre carácter social; así como por su coherencia profunda y superficial, debida a la intención (comunicativa) del hablante de crear un texto íntegro y a su estructuración mediante dos conjuntos de reglas: las propias del nivel textual y las del sistema de la lengua.

Existen diferentes tipos de textos:

- Personal
- Funcional
- Creativo
- Expositivo
- Persuasivo

Dado el alcance de nuestra propuesta de investigación, para este tramo, utilizaremos como referente el texto expositivo - argumentativo, cuya función es explorar, presentar, describir y explicar información en el ámbito académico y laboral a través de la secuenciación de modelos estructurales; por consiguiente, la estructura del documento estará orientada bajo el modelo del cubo en la cual se deberá dar respuesta a las siguientes pautas: responder la pregunta orientadora (situación problema). ¿Cómo contribuye un estudio histórico-crítico sobre los fenómenos de acidez y basicidad a una perspectiva fenomenológica que incida en la revisión y transformación de la propia práctica docente?

Estructura del documento:

- Párrafo introductorio.
- Describir: ¿Cómo es el tema? ¿Cuáles son sus características?
- Comparar: A qué se parece o a qué se diferencia
- Relacionar: Con qué se relaciona (conceptos, teorías, etc)

- Analizar: ¿Cómo funciona? ¿Cómo está diseñado?
- Argumentar: Qué se puede decir a favor o en contra
- Aplicar: ¿Para qué sirve y cómo se utiliza?
- Conclusiones: coherencia y cohesión entre la pregunta - situación problema - y el modelo del cubo.

Para el análisis de contenido de los textos argumentativos se tuvieron en cuenta 3 aspectos a reflexionar.

- La perspectiva fenomenológica en la enseñanza de la acidez y la basicidad.
- El enfoque histórico-crítico en la enseñanza de las ciencias.
- El enfoque constructivista en la formación docente.

La perspectiva fenomenológica en la enseñanza de la acidez y la basicidad

Los grupos coinciden en que la fenomenología es el punto de partida esencial para alejarse de una enseñanza mecánica basada en fórmulas abstractas destacando la transición de la percepción subjetiva a la valoración cuantitativa. La fenomenología invita a volver a las cosas mismas, priorizando la experiencia estructurada antes que la formalización, en esa línea, el estudio de las experiencias iniciales como el color son el principio para comprender los mecanismos subyacentes de entrada al fenómeno y que no solo se pueden interpretar con instrumentos, sino con el razonamiento y la reflexión crítica sobre la situación observada.

El enfoque histórico-crítico en la enseñanza de las ciencias

El análisis de los textos revela que el estudio de la historia no se entiende como una cronología estática de científicos renombrados, sino como un proceso de construcción de problemas y soluciones, en que el conocimiento depende del contexto y los recursos disponibles en cada época. La historia adquiere un valor metódico para identificar la evolución de los conceptos sobre un fenómeno y resalta como estos se transformaron desde observaciones simples hasta teorías complejas, de esa forma, se acentúa cómo la relación electricidad-materia fue el motor del cambio conceptual, permitiendo al docente entender la ciencia como un proceso dinámico, en el que el conocimiento no es fijo, sino que se perfecciona con el tiempo hasta configurar los modelos de ciencia actual.

El enfoque constructivista en la práctica docente

Se recoge de los grupos que la transformación de la práctica docente sucede con el paso de un modelo transmisivo a uno donde el estudiante es sujeto activo, en el que se visualiza al docente como un mediador y problematizador que construye metodologías basadas en la experimentación -fenomenología-, donde no solo se enseñan contenidos, sino que se desarrolla la curiosidad, la autonomía y la capacidad de análisis. En la ruta experimental el docente y el estudiante reconstruyen la trayectoria de las ideas que integran teoría, historia y práctica, alejándose de la memorización.

Finalmente, con relación a la pregunta problema para el desarrollo de los textos argumentativos, los docentes en formación coinciden en que el análisis histórico-crítico y la perspectiva fenomenológica para la enseñanza de los fenómenos de la acidez y la basicidad:

- Contribuyen como un mediador de la transformación práctica docente, aportando a cambiar el enfoque didáctico hacia una enseñanza crítica y situada, que fortalece la autonomía y la relación con las experiencias fenomenológicas.
- Los mini proyectos, como metodología para introducir lo histórico-crítico y fenomenológico, conectan el uso del indicador de saúco para construir significados sensoriales, la conductividad con la disociación iónica, y el uso de la diferencia de potencial para la construcción de una escala de medida.
- Existen dos dificultades para la implementación metodológica, la primera relacionada con la complejidad y tiempo requerido teniendo en cuenta la inflexibilidad del currículo, y la segunda de carácter experimental, sobre el control de variables y los posibles márgenes de error.

Segundo nivel de análisis

El punto de partida del diseño de la ruta experimental se encuentra en la crítica a lo que Østergaard, et al (2007; 2008) denomina la inversión ontológica en la enseñanza de las ciencias, entendida esta como la reducción del proceso educativo a la corroboración de teorías y leyes preestablecidas, lo que aleja a la construcción del conocimiento científico a partir de la fenomenología. La presente propuesta toma distancia de las estrategias tradicionales al cuestionar los procesos de enseñanza-aprendizaje vinculados con la inversión ontológica. En los modelos convencionales se priorizan los conceptos teóricos como verdades *a priori*, descendiendo de lo general a lo particular mediante un enfoque hipotético-deductivo

de corte conductista, bajo esa lógica, el rol del docente se reduce al de un transmisor de contenidos terminados.

Frente a esto, se propone una perspectiva fenomenológica como estrategia para la construcción de pensamiento científico, al reconocer que la ciencia nace del análisis crítico de los fenómenos del "mundo vital". Con esta premisa, la práctica experimental —siguiendo los planteamientos de Sandoval, et al. (2018)— deja de ser un ejercicio de constatación para transformarse en una actividad intencionada donde se privilegia la organización de la experiencia y la construcción de explicaciones. Siguiendo los planteamientos de Malagón, et al. (2011) y Sandoval, et al. (2018), esta propuesta busca caracterizar la acidez y la basicidad no como conceptos acabados, sino como fenómenos comprendidos a través de la actividad experimental intencionada. En ese sentido, la experimentación no es una fuente de validación, sino un proceso de organización de los efectos sensibles.

La implementación de la ruta experimental se fundamenta en la intersección del estudio histórico-crítico y la perspectiva fenomenológica. El estudio histórico-crítico no solo aporta un contexto, sino que funciona como un campo fértil para identificar las formas de construcción de conocimiento que han sido ignoradas o simplificadas en los libros de texto, utilizando una perspectiva didáctica que procura no generar rupturas epistemológicas y que abre camino para problematizar el conocimiento científico, proporcionando un contexto que justifica por qué ciertos atributos del fenómeno fueron seleccionados para su formalización. Así, la percepción y la comprensión del sujeto (tanto del docente en formación como del docente en ejercicio) se tornan autónomas para identificar variables y conformar relaciones que describen la realidad de manera crítica evitando mecanicismos.

Como lo demuestran los trabajos de Sandoval, et al. (2018), los fenómenos atraviesan etapas de formalización que van desde la percepción sensible hasta la formulación de proposiciones lógicas. En este sentido, la fenomenología se adapta naturalmente como una metodología de enseñanza que se distancia de las miradas positivistas y se adscribe al constructivismo, donde el estudiante y el docente participan activamente en la generación del conocimiento.

La ruta experimental propuesta desplaza el énfasis del *qué* (el contenido, que permanece científicamente riguroso) hacia el *cómo* (el método). Proponemos que el fin último de la formación docente en química no es solo la adquisición de conocimiento

científico, sino el desarrollo de estrategias elocuentes que inviten al estudiante a interrogar el fenómeno. Al introducir la fenomenología y la perspectiva histórico-crítica, retomamos los presupuestos fundacionales de la ciencia experimental para adaptarlos a un marco constructivista, donde el significado se construye desde la experiencia y no desde la imposición teórica.

En concordancia con lo anterior se proponen tres etapas fundamentales para la interpretación de los fenómenos Malagón, et al. (2011), Caro y Mosquera (2015) y Sandoval, et al. 2018, las cuales posibilitan estructurar el pensamiento científico desde un modelo inductivo: La identificación de cualidades, que corresponde al reconocimiento de los atributos perceptuales, la organización por intensidades donde se hace una transición hacia la construcción de magnitudes, y la construcción de escalas de medida como proceso de abstracción y formalización.

La implementación de la ruta experimental se materializa con la aproximación de los sujetos al fenómeno desde elementos perceptuales y relacionales de su mundo vital en el que el aprendizaje no es una recepción pasiva de teorías abstractas, sino una relación dinámica con este. Al priorizar que los sujetos describan los fenómenos desde sus propios sentidos se promueve una transición metodológica para la construcción crítica del conocimiento, logrando que la ciencia sea comprendida como una actividad humana con contexto, y no como un dogma aislado de la realidad sensible.

Adicionalmente, el proceso de análisis incluye un ejercicio de metacognición mediante el diseño de organizadores gráficos que capturan la percepción de los sujetos antes y después de la intervención. Este ejercicio permite a los docentes investigadores categorizar las ideas de acuerdo con las etapas fenomenológicas, aportando datos valiosos sobre cómo la estrategia metodológica facilita la apropiación del conocimiento, del mismo modo, identificar las visiones que presentan de forma implícita los docentes en formación y en ejercicio en relación con los enfoques de educación en ciencias.

La transición del mundo vital hacia la formalización científica se desarrolla a través de mini proyectos bajo el enfoque constructivista de "aprender a aprender" (Castro, 2025), esta herramienta permite que los sujetos desarrollen habilidades propositivas, procedimentales y una autonomía creciente en sus propios constructos de aprendizaje, en el caso de los docentes en formación, los miniproyectos exigen diseñar metodologías de

laboratorio y sistemas de organización de datos basados en principios perceptuales relacionados con las cualidades del color, el grado de disociación de un electrolito -entendido como la medida de la conductividad eléctrica- y la diferencia de potencial como referente comparativo para la construcción de escalas.

Los miniproyectos se estructuraron según las etapas de construcción fenomenológica: En la *identificación de cualidades* la descripción sensorial establece el puente necesario entre la cotidianidad y apertura al fenómeno para dar su primer paso a la formalización. En la *Organización por Intensidades*, se posibilita al sujeto a crear modelos que vinculan lo sensible con una explicación estructural basada en la cualidad geométrica de la conductividad eléctrica. Finalmente, a partir del proceso experimental previo, la *construcción de magnitudes* utiliza la diferencia de potencial para construir una escala de acidez y basicidad como punto de llegada de la formalización científica.

La mirada crítica de la historia en estrecha relación con las etapas fenomenológicas proyecta una imagen de la ciencia caracterizada por las relaciones sociales. Se reconoce, por tanto, que la ciencia es una construcción social. No obstante, esta declaración —frecuente en el discurso educativo— enfrenta en la práctica desafíos sistémicos propios de: las limitaciones curriculares, la gestión del tiempo escolar, la formación previa de los docentes, los estilos de enseñanza tradicionales, los avisos publicitarios y la presión de las pruebas estandarizadas. En este escenario, la propuesta de una "ruta experimental" no es solo una guía didáctica, sino una estrategia estructural y pedagógica diseñada para subsanar las tensiones entre las exigencias del sistema y los procesos de enseñanza que se preocupan por el aprendizaje crítico. Uno de los objetivos es transformar la concepción de las ciencias en los sujetos, pasando de una visión reduccionista a una mirada constructivista. La ruta experimental se constituye, de ese modo, en un puente que conecta las aspiraciones intelectuales de la fenomenología con las necesidades reales de estudiantes y docentes, fortaleciendo la capacidad de estos últimos para actuar como mediadores de la complejidad del conocimiento científico en la búsqueda de caminos más adecuados para su apropiación.

La aplicación de los estudios histórico-críticos y la fenomenología constituye un acto de resistencia frente a los modelos positivistas y conductistas que aún imperan en la enseñanza de la química. Como docentes en formación y en ejercicio, este enfoque permite transitar del "alma pueril" al "alma en trance" (Bachelard, 1948). Al cuestionar el dogmatismo y la aceptación pasiva de modelos preestablecidos se alimenta un espíritu

científico que prefiere la duda crítica sobre la comodidad de la explicación acabada.
(complementar la crítica)

La ruta experimental cuestiona el carácter lineal de la química tradicional, donde la experimentación suele reducirse a la comprobación de teorías abstractas. En su lugar, la propuesta rompe con las dicotomías clásicas: lo concreto frente a lo abstracto, lo cualitativo frente a lo cuantitativo y lo macroscópico frente a lo microscópico. Esta superación se logra mediante un racionalismo aplicado que no desprecia la experiencia sensorial, sino que la utiliza como punto de partida. La actividad experimental se convierte en un proceso de abstracción progresiva donde el sujeto, enfrentado a la duda metódica, transita desde la identificación de cualidades perceptuales hasta la construcción de relaciones formales. De este modo, el conocimiento no se impone, sino que emerge como producto de una mirada crítica que organiza la experiencia.

De acuerdo con Østergaard, et al (2007), este cambio de perspectiva impacta positivamente en la dimensión cognitiva y emocional del docente. Al problematizar la ciencia y reconocerla como una construcción social y humana, el educador fortalece su actitud frente a la labor diaria, deja de ser un tramitador de saberes estáticos para convertirse en un investigador que practica la vigilancia epistémica, reconociendo obstáculos y transformándolos en oportunidades de aprendizaje.

La implementación de la ruta a través de miniproyectos permite una deconstrucción efectiva de las concepciones iniciales sobre la acidez y la basicidad. La secuencia metodológica garantiza un acercamiento profundo y específico. En un principio la descripción sensorial de los fenómenos apoyada en el análisis de fuentes primarias permite comprender la necesidad histórica que llevó a los científicos a postular sus fundamentos teóricos, otorgando un carácter social a la ciencia, posteriormente, se introducen variables fisicoquímicas no como conceptos aislados, sino como herramientas para la formalización de proposiciones lógicas surgidas del análisis de las cualidades, para concluir, el diseño de escalas de medida obliga al sujeto a abandonar la observación pasiva y a comprometerse con la conceptualización autónoma y formal del fenómeno. (la diferencia de potencial)

En consecuencia, el valor de la ruta experimental radica en su capacidad para relacionar el mundo vital de los sujetos con la ciencia. Al deconstruir el carácter acabado de la química, los docentes en formación y en ejercicio reconocen que los fenómenos científicos

son vigentes y útiles para resolver problemas de su entorno. El constructo autónomo de ideas fomentado por la metodología de los miniproyectos asegura que el aprendizaje sea un proceso en el que el sujeto es responsable de su propio conocimiento. En este escenario, la química deja de ser un conjunto de montajes estandarizados y se convierte en una herramienta de análisis que permite a los sujetos proponer, relacionar y explicar los fenómenos de manera consciente y situada.

Como punto de partida al iniciar esta investigación nos encontramos en una paradoja, debido a que poseíamos una percepción limitada y utilitarista de la historia y la epistemología de las ciencias. Durante el pregrado y los inicios del posgrado, estas disciplinas eran comprendidas simplemente como requisitos curriculares o repertorios de información declarativa destinados a ser aprobados. No obstante, el encuentro con los estudios histórico-críticos y la fenomenología provocó una reconfiguración de nuestra identidad profesional.

Este proceso nos permitió transitar desde un «alma profesoral» —cómoda en la repetición de verdades establecidas— hacia un «alma en trance» (en términos bachelardianos), que se niega a replicar didácticas mecánicas. Esta metamorfosis del sujeto investigador implicó reconocer que nuestras propias estructuras mentales sobre la química estaban ancladas en definiciones simplificadas e insuficientes. Al deconstruir nuestro saber pedagógico, la construcción de procesos mentales dejó de ser una acumulación de definiciones para convertirse en una comprensión contextualizada, donde el docente se asume como un sujeto activo que busca el origen de las proposiciones lógicas en el mundo vital.

Este cambio de postura supuso un silencio con el paradigma positivista que imperaba en nuestra práctica, el cual priorizaba la enseñanza de conceptos abstractos con la esperanza de que, a partir de ellos, el estudiante construyera significados de forma deductiva. Al situar los conceptos de acidez y basicidad bajo la lente del análisis histórico-crítico, los conceptos se transformaron en fenómenos y el aula se convirtió en un espacio de recuperación de la experiencia sensorial.

Comprendimos que la acidez y la basicidad no son meras etiquetas taxonómicas de la química, sino fenómenos multidimensionales. El estudio de las experiencias de los primeros científicos nos reveló un camino que va desde las apreciaciones sensoriales y las formas de describir la naturaleza, pasando por la geometrización de las cualidades, hasta alcanzar la abstracción y la formalización del fenómeno. Esta perspectiva nos permitió dotar de

relevancia epistemológica a la reflexión humana sobre el entorno, integrando las dimensiones perceptibles y cuantificables en una unidad de sentido que la enseñanza tradicional suele fragmentar.

La nueva concepción del fenómeno demandó un cuestionamiento metodológico: ¿cómo propiciar que el estudiante participe de forma autónoma en este acercamiento? La respuesta se materializó en el diseño de la ruta experimental a través de miniproyectos que rechazan la repetición mecánica de principios teóricos de los libros de texto. En lugar de partir de la ley (método deductivo), la propuesta apuesta por el método inductivo, donde la construcción de escalas de ordenación y formas de medida surge de una reflexión ardua sobre las cualidades.

Esta transición sugiere que el sujeto en formación incorpore la historia a su discurso científico no como un dato anecdótico, sino como un argumento tácito nacido del encuentro con el fenómeno. La fenomenología, entonces, materializa los planteamientos históricos a través de propuestas experimentales que crean nuevos vínculos entre lo teórico y lo fenomenológico, garantizando que el conocimiento sea útil en el mundo vital del estudiante.

Finalmente, esta investigación pone en entredicho las formas tradicionales de educación en ciencias, las cuales suelen legitimar el positivismo a través de la matematización como único método de comprobación y la simplificación excesiva de los fenómenos. La apropiación de una postura didáctica en contravía a estos principios nos enfrenta a obstáculos estructurales que no podemos ignorar.

Se identifican vacíos críticos en la formación inicial de profesores de química, donde la historia y la epistemología aún se perciben como entidades externas o trámites burocráticos, y no como fuentes de sentido para la práctica. Asimismo, la implementación de una metodología alternativa —basada en la participación activa y el análisis multidimensional— choca con los «problemas clásicos» del sistema educativo: currículos rígidos, tiempos de clase limitados y una cultura de la inmediatez. Reconocer estos límites es el primer paso para consolidar una didáctica que no solo promete un cambio en los modos de hacer, sino una transformación sustancial en el pensamiento científico del profesorado y sus estudiantes.

Conclusiones

Una mirada crítica a la historia de la acidez y la basicidad sugiere la existencia de una serie de cualidades sensoriales que vistas a través de la perspectiva fenomenológica reconstruye las formas en cómo se postulan los conceptos. La construcción de proposiciones lógicas, bajo ese punto de vista, adquiere sentido formal cuando los sujetos-docentes desarrollan actividades experimentales que no parten de la comprobación de teorías sino de un proceso inductivo a través del diseño estructurado de experiencias fenomenológicas que introducen cambios en las dinámicas de clase en la que los sujetos-estudiantes construyen sus propios significados.

De acuerdo con las reflexiones se sustenta acudir a la historia para la construcción de actividades con enfoque epistémico en el que, a través del conocimiento del contexto, se identifica que las conceptualizaciones científicas son temporales; en ese sentido, los fenómenos de la acidez y la basicidad son interpretados por el docente investigador como una fuente de cualidades que aportan los elementos necesarios para la construcción de proposiciones lógicas en línea con las diferentes teorías por las que han transitado. De modo que, se cuestiona la práctica docente del investigador y la conduce a un cambio en el método; en esta lógica, se asume al docente como arquitecto de experiencias con mirada inductiva mediada por la historia, al estudiante como investigador, y al conocimiento científico como un campo dinámico.

Teniendo en cuenta lo anterior, la ruta experimental acarrea una reflexión en la que se asimila a través de la experiencia y no de la especulación un cambio de paradigma en los procesos de enseñanza, en los que se despoja a los fenómenos de acidez y basicidad de su carácter dogmático, superando la inversión ontológica, y mostrándolos como construcciones sociales situadas. Esto contribuye a que le docente acompañe la construcción conceptual de los sus estudiantes, demostrando que es posible enseñar química sin fragmentar lo cualitativo de lo cuantitativo, lo macroscópico de lo microscópico, tejiendo sus dualidades a través de la progresión inductiva.

La ruta diseñada desde una perspectiva fenomenológica establece un tránsito inferencial y lógico que inicia con la identificación de cualidades sensibles (como el color del indicador de saúco), continúa con la organización por intensidades (mediante la conductividad eléctrica) y culmina en la construcción de magnitudes y aparatos de medida

(utilizando la diferencia de potencial). Este orden metodológico asegura que el estudiante no solo aprenda "qué" es un ácido, sino "cómo" se construye ese conocimiento, desplazando el enfoque desde la teoría hacia el método y la experiencia organizada.

Cada etapa de la ruta se implementa mediante miniproyectos bajo el enfoque constructivista de “aprender a aprender”, donde el estudiante asume el rol de investigador y el docente el de mediador. Esta estructura metodológica garantiza que la construcción del conocimiento sea autónoma, progresiva y contextualizada históricamente. Igualmente, la ruta diseñada resuelve la tensión entre cualidad y medida al mostrar que la conductividad eléctrica (organización por intensidades) es un paso intermedio necesario, pero insuficiente, para llegar a la diferencia de potencial (medida estandarizada), evitando así saltos epistemológicos abruptos en la enseñanza.

La aplicación de la ruta experimental y el análisis de contenido de la producción escrita de los docentes en formación revelan una transición que se pasa de una observación ingenua y memorística (centrada en fórmulas abstractas como el logaritmo del pH) a una modelización del fenómeno basada en sus cualidades y comportamientos físico-químicos. Los textos argumentativos y organizadores gráficos evidencian que este enfoque permite a los sujetos apropiarse del conocimiento de forma autónoma. Es decir, muestra que la ruta experimental es pertinente porque: favorece el cambio del rol docente (de transmisor a mediador problematizador), promueve la autonomía y la curiosidad científica, alejándose de la memorización, y permite integrar teoría, historia y práctica en una secuencia lógica y situada.

La perspectiva fenomenológica e histórico-crítica impacta la dimensión epistemológica del docente investigador, el cual pasa de una postura cómoda en la repetición de verdades establecidas hacia un espíritu crítico que valora la duda metódica y la vigilancia epistémica. Esta reconfiguración identitaria es fundamental para que el docente se reconozca como un investigador de su propia práctica, capaz de deconstruir sus estructuras mentales y de diseñar estrategias coherentes que inviten al estudiante a interrogar el fenómeno.

Los docentes en formación identificaron dos tipos de dificultades en la implementación: curriculares y temporales (rigidez del currículo, tiempos insuficientes) y experimentales (control de variables, márgenes de error). Estas dificultades no invalidan la

pertinencia de la ruta, sino que señalan condiciones estructurales del sistema educativo que deben ser atendidas.

A pesar de los obstáculos detectados la ruta experimental propuesta mediante miniproyectos se constituye como una estrategia de resistencia ante los modelos tradicionales y la inversión ontológica. Al conectar el mundo vital de los sujetos con la formalización científica, la propuesta logra que la química deje de ser un conjunto de montajes estandarizados y se transforme en una herramienta de análisis situada y útil para resolver problemas del entorno.

La construcción de aparatos de medida es un proceso epistemológico en que el contexto científico es determinante, sin embargo, es vital distinguir entre la construcción de escalas de comparación y la construcción de medidas. Mientras que las primeras permiten una organización lógica de los fenómenos, la segunda requiere un material de referencia para calibrar el sistema entendido este como el aparato de medida, aunque el voltaje está vinculado a la composición química no alcanza a proporcionar la medición precisa de la acidez y la basicidad. Aun así, desde lo didáctico defendemos la aproximación experimental trabajada en los montajes de los miniproyectos porque comprenden un ejercicio necesario para introducir a los sujetos en la experiencia fenomenológica, en esa línea, la ausencia de calibración no invalida la experiencia dado a que abre el camino para la construcción de proposiciones formales que permitan la comprensión del fenómeno, en la que los sujetos interpreten que medir no es solamente obtener un número, sino interactuar con las conceptualizaciones que dan sentido a este visto a través del instrumento.

Para finalizar, ¿Qué sabemos ahora qué no sabíamos antes? Como docentes investigadores en virtud a la comprensión de la perspectiva fenomenológica abordada y en estrecha relación con una mirada crítica de la historia de la química, proponemos que la acidez y la basicidad tienen que ser comprendidas como un fenómeno insoluble y no como definiciones semánticas restringidas a un modelo teórico. Referirse a un fenómeno en un sentido amplio no ignora las cualidades del mismo, lo que le atribuye un carácter multidimensional que deja abierta la interpretación para que desde una mirada constructivista se elaboren significados propios y de ese modo no se coarte la imaginación y se apueste por la formación del espíritu científico, no solo de los estudiantes, sino también en los docentes, a fin de encontrar plenitud en la construcción didáctica.

Recomendaciones

En el ejercicio investigativo surgieron algunos autores, como Davy y Lavoisier, que describieron la acidez y la basicidad a partir de la explicación del comportamiento según la composición de las sustancias estudiadas. Esta descripción del fenómeno desde su estructura no puede catalogarse como una descripción de cualidades sensoriales ni como una organización por intensidades. Por ello, surge la necesidad, en futuras investigaciones, de indagar sobre aspectos fenomenológicos e históricos que profundicen en esta etapa (cuarta etapa), con el objeto de ampliar el margen de comprensión de los fenómenos de acidez y basicidad más allá de lo trabajado en este proyecto como por ejemplo contemplar la inclusión de las teorías ácido-base de Lewis y Bronsted-Lowry.

Uno de los trabajos futuros a desarrollar consistiría en explorar el espectro pedagógico y didáctico en torno a la comprensión profunda de la relación entre la diferencia de potencial, el pH y la concentración. En ese sentido, a partir de los datos de voltaje obtenidos en el miniproyecto 2, es viable establecer una correlación negativa y linealizar los resultados para obtener una ecuación mediante la cual, a partir de las medidas de voltaje, se hallen valores de pH y, de manera análoga, se realicen cálculos de concentración. En consecuencia, el desarrollo de fenomenologías desde esta perspectiva buscaría adentrarse en el establecimiento de relaciones experimentales y conceptuales con un nivel de abstracción superior, para lo cual resulta importante considerar la población de estudio, dado el manejo técnico, teórico y experimental que ello implica. Este trabajo, consideramos, resultaría enriquecedor porque consolidaría una alternativa fiable para la medición del pH sin necesidad de utilizar un potenciómetro.

Otro de los trabajos proyectados, que guarda relación con lo anterior, es el diseño de un aparato de medida analógico o digital que mantenga los principios del método de compensación de du Bois-Reymond para la medición de la diferencia de potencial. Este enfoque, en el marco de los estudios histórico-críticos, brinda la posibilidad de establecer una conexión entre los estudios de Galvani y Volta sobre la electricidad animal y las rupturas epistemológicas asociadas a los aparatos de medida, así como su importancia para la construcción de proposiciones lógicas

Referencias Bibliográficas

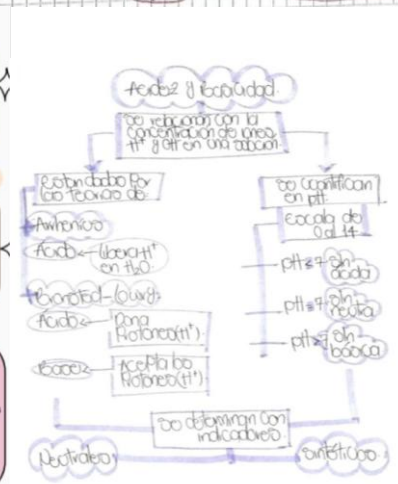
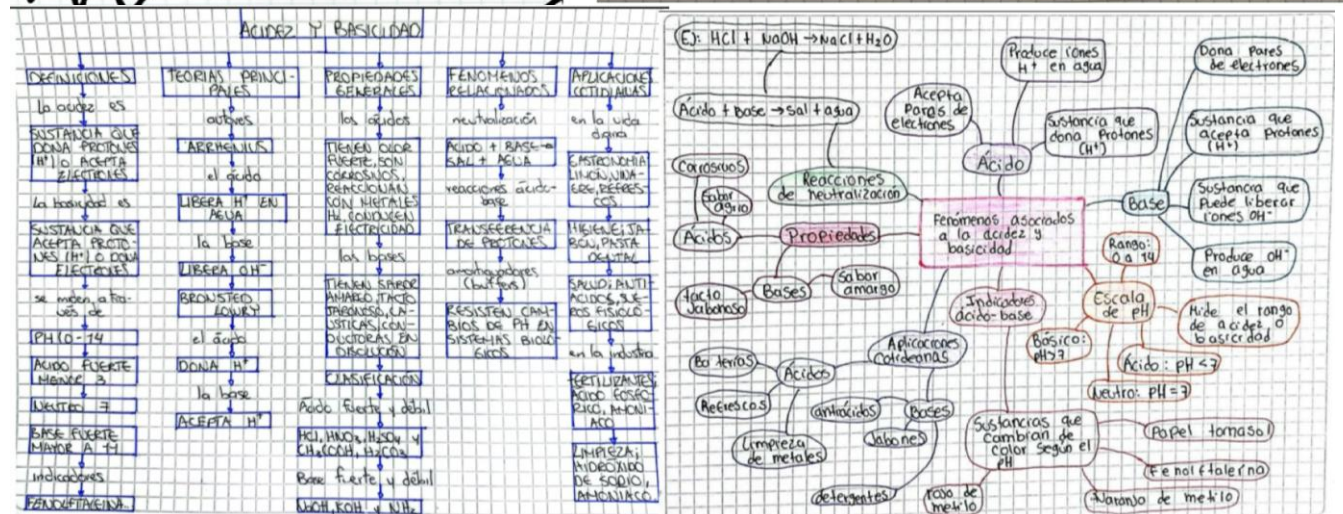
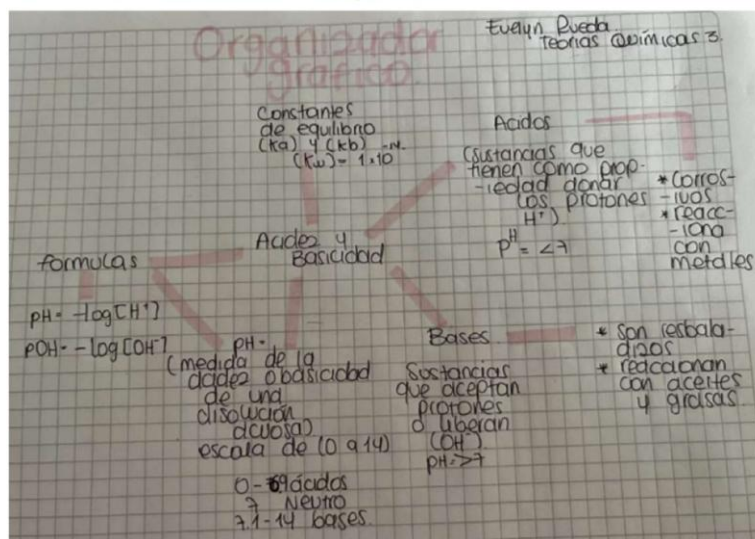
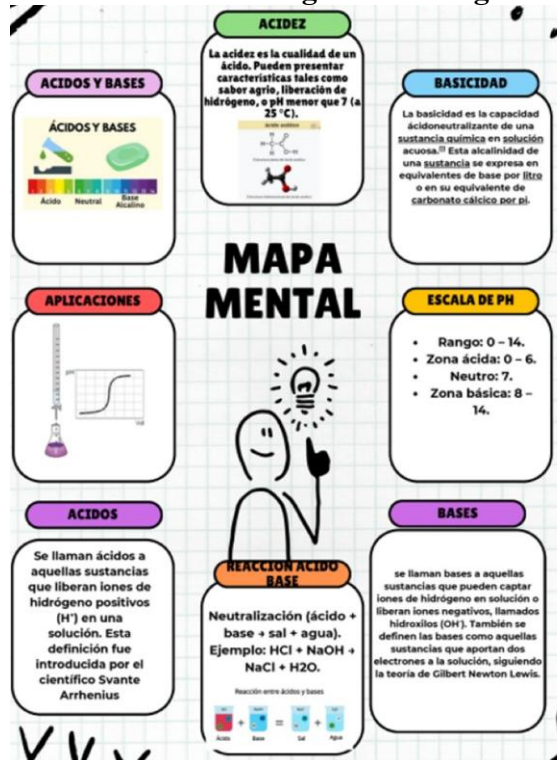
- Alméciga, A. & Muñoz, M. (2013). *pH, historia de un concepto. Análisis en textos de educación superior*, Trabajo de tesis para optar al título de magister en docencia de la química. Universidad Pedagógica Nacional.
- Arrhenius, S. (1903). Development of the theory of electrolytic Dissociation. Nobel Lecture.
- Arrhenius, S. (1912). *Theories of solutions*. New Haven: Yale University Press. London: Henry Frowde. Oxford University Press.
- Alvarado, C; Cañada, F y Garritz, A. (2013). Dificultades en el aprendizaje de la acidez y la basicidad y el conocimiento didáctico del contenido de profesores mexicanos de bachillerato. *IX Congreso internacional sobre investigación en didáctica de las ciencias* (2013): 107-112. Tomado de:
<https://raco.cat/index.php/Ensenanza/article/view/305977/395883>
- Bachelard, G. (1948). La formación del espíritu científico. Editorial argos. Buenos Aires. Argentina.
- Barragán, O y Ramírez, Y. (2013). Estrategias en el aula: de la experimentación a la formalización de los fenómenos naturales. Construcción de fenomenologías y procesos de formalización. Un sentido para la enseñanza de las ciencias. *CIUP*, p 133 – 160.
- Bernández, E. (1982). *Desarrollo de la Lingüística del texto*. Introducción a la Lingüística del Texto. Espasa.Calpe, S.A. Madrid. España.
- Bertomeu, J. (2002). *PH-metros y otros instrumentos de mediada electroquímica*. Abriendo las cajas negras: Colección de instrumentos de la Universitat de Valencia. p. 323-329.
- Bromley, K., Irwin, L. y Modlo, M. (1995). Organizadores gráficos: Estrategias visuales para el aprendizaje activo. Nueva York: Scholastic's Professional Books
- Calvet, E. (1947). Química general aplicada en la industria con prácticas de laboratorio. Salvat Editores. Barcelona; Buenos Aires. Imprenta Hispano-Americana.
- Caro, O y Mosquera D. (2015). *Análisis Histórico-Critico y Actividad Experimental en la Enseñanza de la Basicidad*. Trabajo de tesis para optar al título de Magister en Docencia de las Ciencias Naturales. Universidad Pedagógica Nacional.
- Carrasco, A; Orellana, N y Quintanilla, R. (2022). Argumentación y aprendizaje de la Teoría, Ácido-Base. *Educación Química*, 33(2).
<http://dx.doi.org/10.22201/fq.18708404e.2022.2.78138>
- Cremer, M. (1906). Über die Ursache der elektromotorischen Eigenschaften der Gewebe, zugleich ein Beitrag zur Lehre von den polyphasischen Elektrolytketten . Oldenburgo.
- Da Silva, G y Afonso, J. (2007). De Svante Arrhenius ao peagâmetro digital: 100 anos de medida de acidez. Universidade Federal do Rio de Janeiro. Brasil. Quim. Nova, Vol. 30, No. 1, 232-239.
- Firpo, G. (2020). Evolución de las definiciones ácido-base en formación docente. Propuesta para su enseñanza en formación docente. *Revista enseñanza de Química*. 3, 81-100.
- Furió, C; Catalayud, L y Bárcenas, S. (2000). Deficiencias epistemológicas en la enseñanza de las reacciones ácido-base y dificultades de aprendizaje. Revista de la facultad de ciencia y tecnología. Universidad pedagógica nacional. Bogotá-Colombia.

- Gallego, R; Gómez, J y Ochoa, J. (2023). Análisis de las concepciones alternativas y del aprendizaje del pH con una práctica STEM implementada mediante indagación. *Educación Química*, 34(3).
<https://doi.org/10.22201/fq.18708404e.2023.3.84539>
- Haber, F y Klemensiewicz, Z. (1909). "über elektrische Phasengrenzkräfte." *Z. phys. Chem* 67: 385-431.
- Hernández, R; Ferandez, C y Baptista, M. (2014). Metodología de la investigación. Sexta Edición McGRAW-HILL / Interamericana editores, s.a. de c.v. Ciudad de Mexico.
- Izquierdo, M. (1994). ¿Cómo contribuye la historia de las ciencias en las actitudes del alumnado hacia el aprendizaje de las ciencias? *Aula de innovación educativa*. 27, 37-40
- Jiménez, M. (2002). El miniproyecto como estrategia para la enseñanza de la química. *PPDQ-Boletín*, (37), 1-5.
- Jiménez, F; Molina, M y Carriazo, J. (2015). Investigación de las Concepciones Alternativas sobre Ácidos y Bases en Estudiantes de Secundaria. *Scientia et Technica Año XX*. 20-2, 188-194. Universidad Tecnológica de Pereira.
- Kaur, S y Kamini, A. (2018). Effect of Teaching Through Graphic Organizers on Academic Achievement in Science of Vii Graders. *International Journal of Innovative Research. Explorer* 5 (4), para 5.
- León, M. (2023). *Análisis del fenómeno de acidez y basicidad a partir de criterios de organización como el comportamiento y ordenamiento hasta la construcción de la medida pH para la elaboración de un discurso docente*. Trabajo de tesis para optar al título de magister en docencia de la química. Universidad Pedagógica Nacional.
- Limas, L. (2020). Los miniproyectos como estrategia didáctica para el desarrollo de habilidades científicas [Trabajo de grado de licenciatura, Universidad Pedagógica Nacional]
- Ling, G. (1919). En busca de las bases físicas de la vida. Hospital de Pensilvania. Filadelfia, Pensilvania.
- Luque, C; Bartolomé, E y Bradshaw, B. (2024). "Synthetic Map": A graphic organizer inspired by artificial neural network paradigms for learning organic synthesis. *Journal of Chemical Education*, 101(10), 4256–4267.
<https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.4c00592>
- Malagón, J; Ayala M y Sandoval, S. (2011). *El experimento en el aula. Comprensión de fenomenologías y Construcción de magnitudes. El pH como magnitud: aspectos teóricos y experimentales*. Universidad Pedagógica Nacional.
- Márquez, L; Torres, F y Pretell, C. (2007). "Antocianinas totales, fenoles totales y actividad antioxidante en pulpas de frutas". *Pueblo continente*. 18-1. p. 209-214.
- Muños, J y Muñoz, L. (2009). Neutralización ácido-base, un concepto desde lo cotidiano. Universidad Pedagógica Nacional Bogotá, Colombia. *Tecné, Episteme y Didaxis: TED*, p. 1095-1100.
- Ortega, R y Brame, C. (2015). The synthesis map is a multidimensional educational tool that provides insight into students' mental models and promotes students' synthetic knowledge generation. *CBE—Life Sciences Education*, 14(2), ar14.
<https://doi.org/10.1187/cbe.14-07-0114>

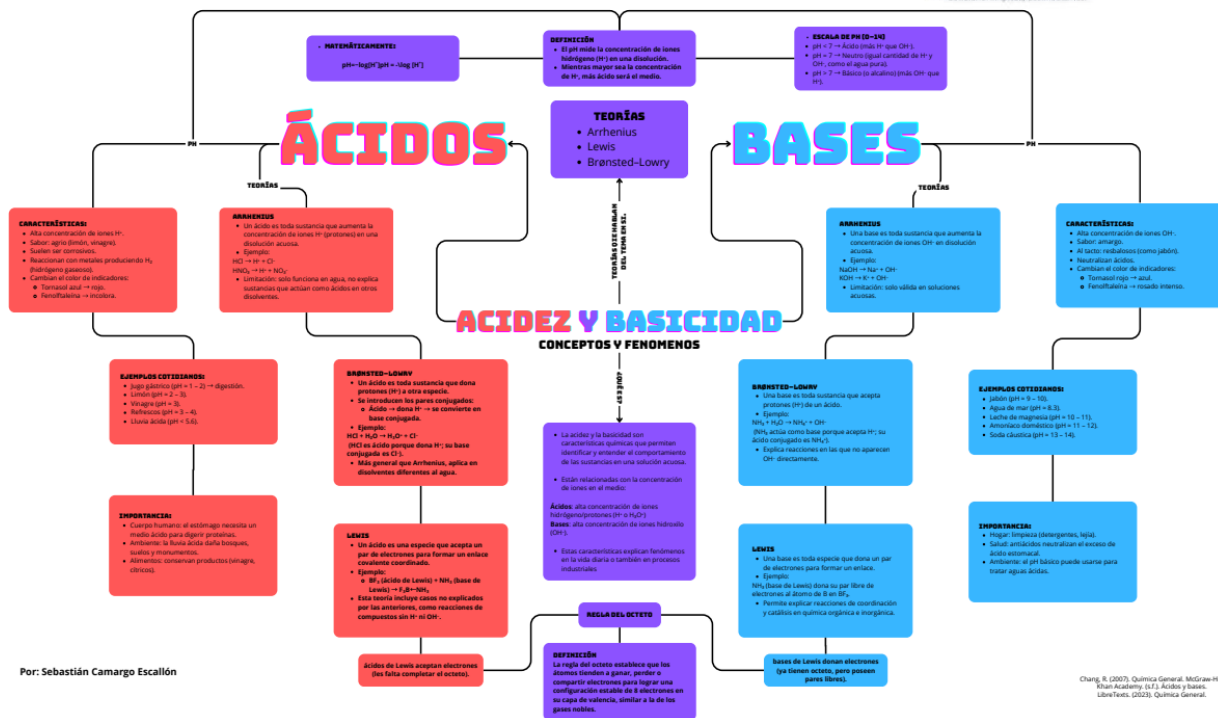
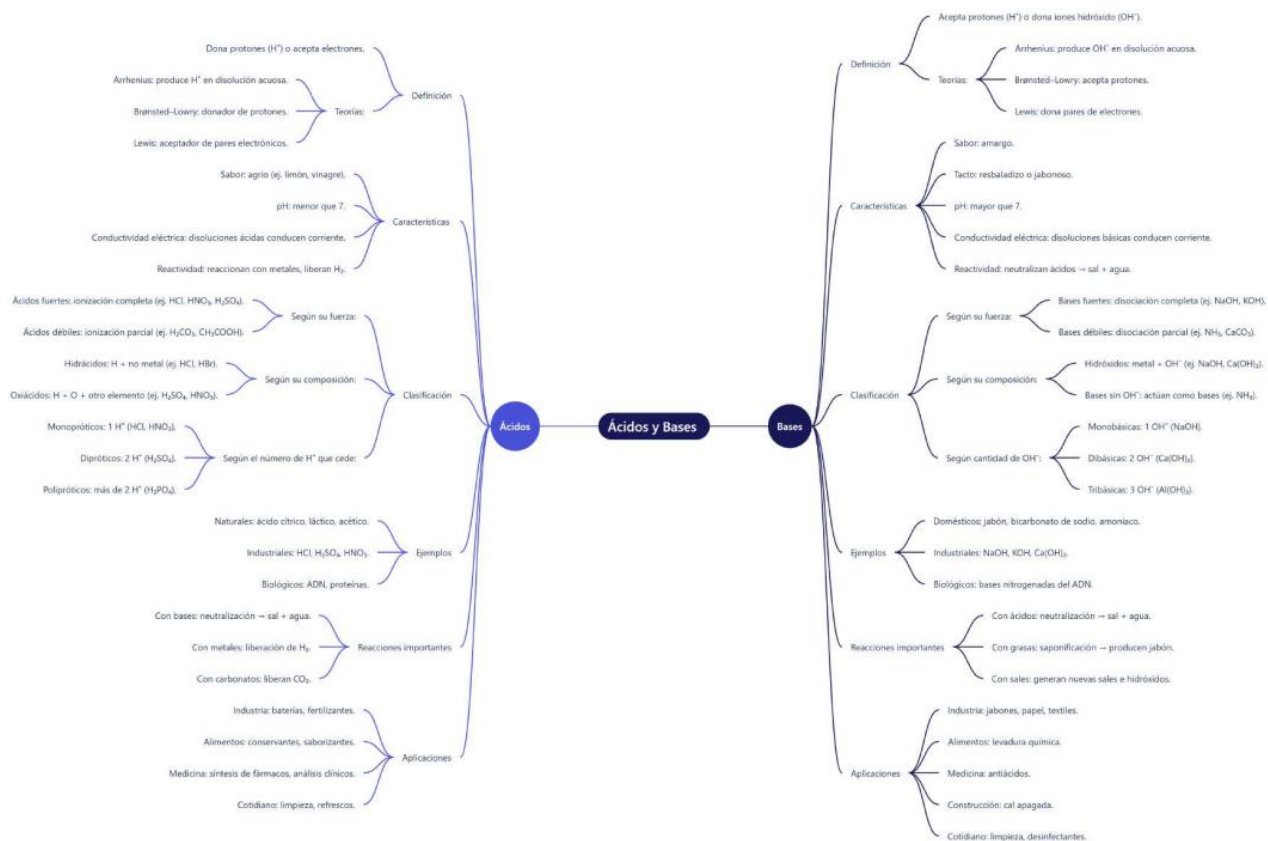
- Østergaard, E; Dahlin, B y Hugo, A. (2007). 'Doing phenomenology in science education: a research review'. 44:2, 93 -121. Tomado de <http://dx.doi.org/10.1080/03057260802264081>
- Østergaard, E; Dahlin, B y Hugo, A. (2008). From Phenomenon to concept: designing phenomenological science education, *Studies in Science Education*. 45, 123-129.
- Sandoval, S; Malagón, J; Garzón, M; Ayala, M y Tarazona, L. (2018). Una perspectiva fenomenológica para la enseñanza de las ciencias. *Universidad Pedagógica Nacional*.
- Santin, J; Benvenuti, L; Fronza, M; Nunes, R; Goldoni, F; Klein, Y; Souza, J; Tesser, M; Sousa, P; Vilhena, R; Dávila, M; Souza, A; Testoni, L; García, A; Belle, T y Meira, N. (2021). Sambucus nigra: A traditional medicine effective in reducing inflammation in mice. *Ethnopharmacol*. 283.
- Sánchez, F. (2019). Fundamentos epistémicos de la investigación cualitativa y cuantitativa: consensos y disensos. *Revista Digital de Investigación en Docencia Universitaria*, 13(1), 102-122. doi: <https://doi.org/10.19083/ridu.2019.644>
- Sörensen, S. (1909). Enzyme Studies II. *The Measurement and Meaning of Hydrogen Ion Concentration in Enzymatic Processes de Sörensen*. Nobel Lecture.
- Verde, P y Rengifo, E (2006). Transformación integral e industrialización del sauco (*Sucumbus peruviana*) para el desarrollo micro regional sostenible. Universidad Nacional de Trujillo, Trujillo. Perú.
- Vianna, J, Sleet, R., y Johnstone, H. (1999). The use of mini-projects in an undergraduate laboratory course in chemistry. *Química Nova*, 22(1), 138-142.
- Wandersee, J y Griffard, P. (2002). The history of chemistry: potential and actual contributions to chemical education. *Chemical Education: Towards Research-based Practice*. Universidad de Houston. EEUU. 29-45.

Anexos:

Anexo 1. Primeros organizadores gráficos Docentes en formación.



Angie Lizbeth Gutierrez Briceño



Por: Sebastián Camargo Escallón

Cheng, R. (2007). Química General. McGraw-Hill, Khan Academy. (L.F.). Ácidos y Bases. LibreTexts. (2022). Química General.

Acidez

Según Arrhenius: define a una base como el agua que al combinarse con la liberar H^+ (protones).

Según Brønsted: define a una base como el aceptador de protones, el define que es capaz de recibir o aceptar un H^+ con hidrogeno. Ejemplo: $HCO_3^- + H^+$

Cuando el ácido carbonico se disuelve en agua solo se libera H^+ es menor en una solución. Esto solo se libera en una solución química con un pH superior a 7, caracterizado por un exceso de iones hidrogenados CO_3^{2-} en agua y una baja concentración de iones hidrogenos H^+ .

Acidez

Según Arrhenius: define a una base como el aceptador de protones, el define que es capaz de recibir o aceptar un H^+ con hidrogeno. Ejemplo: $HCO_3^- + H^+$

Cuando el ácido carbonico se disuelve en agua solo se libera H^+ es menor en una solución. Esto solo se libera en una solución química con un pH superior a 7, caracterizado por un exceso de iones hidrogenados CO_3^{2-} en agua y una baja concentración de iones hidrogenos H^+ .

Acidez

Según Arrhenius: define a una base como el aceptador de protones, el define que es capaz de recibir o aceptar un H^+ con hidrogeno. Ejemplo: $HCO_3^- + H^+$

Cuando el ácido carbonico se disuelve en agua solo se libera H^+ es menor en una solución. Esto solo se libera en una solución química con un pH superior a 7, caracterizado por un exceso de iones hidrogenados CO_3^{2-} en agua y una baja concentración de iones hidrogenos H^+ .

Acidez

Según Arrhenius: define a una base como el aceptador de protones, el define que es capaz de recibir o aceptar un H^+ con hidrogeno. Ejemplo: $HCO_3^- + H^+$

Cuando el ácido carbonico se disuelve en agua solo se libera H^+ es menor en una solución. Esto solo se libera en una solución química con un pH superior a 7, caracterizado por un exceso de iones hidrogenados CO_3^{2-} en agua y una baja concentración de iones hidrogenos H^+ .

ACIDEZ y BASICIDAD

Son propiedades químicas que describen la capacidad de una sustancia para donar, aceptar protones o intercambiar electrones

¿Qué es acidez química?

- Arrhenius:** Sustancia que en agua libera iones hidrógeno H^+
 $HCl_{(aq)} \rightarrow H^+ + Cl^-$
- Brønsted-Lowry:** Sustancia que dona protones, este genera pares conjugados (una misma sustancia antes y después de ganar o perder un protón)
 -ejemplo de sustancia conjugada
 $H_2O \rightarrow OH^- + H^+$
- Lewis:** Sustancia que acepta un par de electrones.
 $O=C=O$
 el número de electrones del C es 6 y el número de electrones del O es 8 pero tenemos 2 de O, es decir que se duplica el número de electrones
 $C = 6 \text{ electrones} + O_2 = 16 \text{ electrones}$
 El C es deficiente de electrones por lo que tiene 6, lo que hace este compuesto ácido.

¿Qué es basicidad química?

- Arrhenius:** Sustancia que en agua libera iones hidróxido OH^-
 $NaOH_{(aq)} \rightarrow Na^+ + OH^-$
- Brønsted-Lowry:** Sustancia que acepta protones, este genera pares conjugados (una misma sustancia antes y después de ganar o perder un protón)
 -ejemplo de sustancia conjugada
 $NH_3 \rightarrow NH_4^+$
- Lewis:** Sustancia que dona un par de electrones.
 $O=C=O$
 El número de electrones del O es 8 por lo que cumple con la ley del octeto, esto quiere decir que este dona electrones, esto lo convierte en una base
 $C = 8 \text{ pero el O tiene } -2 \text{ así que a los 8 electrones del oxígeno le sumamos 2, ya que los electrones tienen una carga negativa}$
 $O = 8 + 2 = 10 \text{ electrones}$

Tenemos varias teorías que se complementan unas con otras

Arrhenius ↔ Lewis
 Brønsted-Lowry

Ejemplo de par conjugado según Brønsted-Lowry

$NH_3 + H_2O \rightarrow NH_4^+ + OH^-$

La base inicial es NH_3 porque acepta H^+
 El ácido inicial es H_2O porque dona H^+

NH_4^+ Acido conjugado
 OH^- Base conjugada

$CO_2 + O^{2-} \rightarrow CO_3^{2-}$

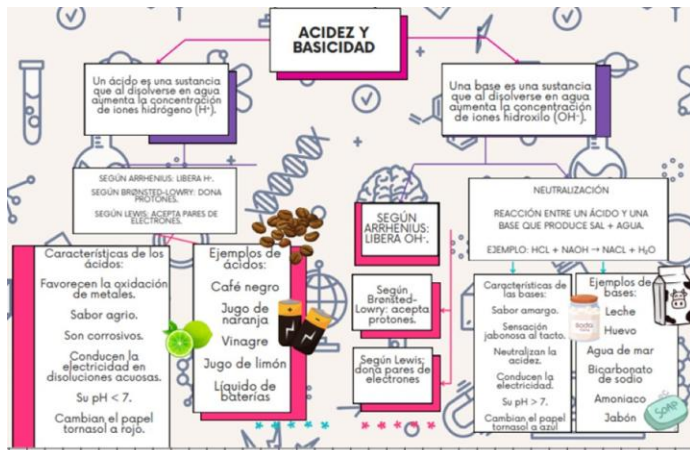
22 electrones + 10 electrones = 32 electrones = 32 electrones

C=6 electrones
 $O_3 = 8 \times 3 = 24 \text{ electrones}$
 carga $2- = 2 \text{ electrones}$

Para tener en cuenta

Tenemos sustancias que funcionan como bases y ácidos al tiempo, se llaman anfóteras.

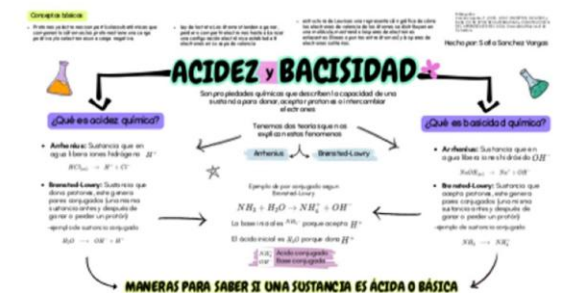
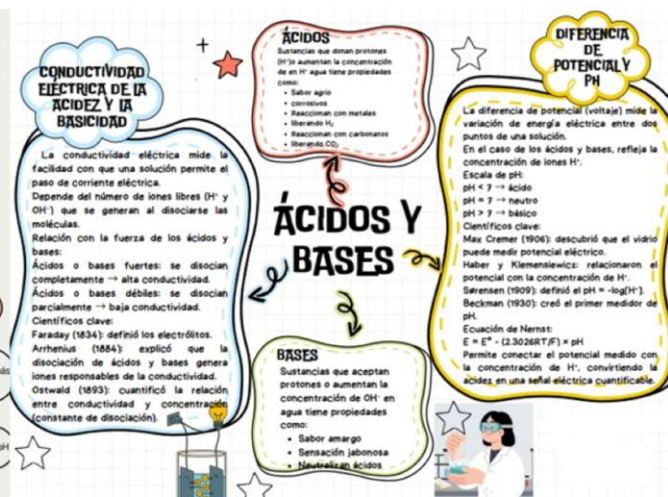
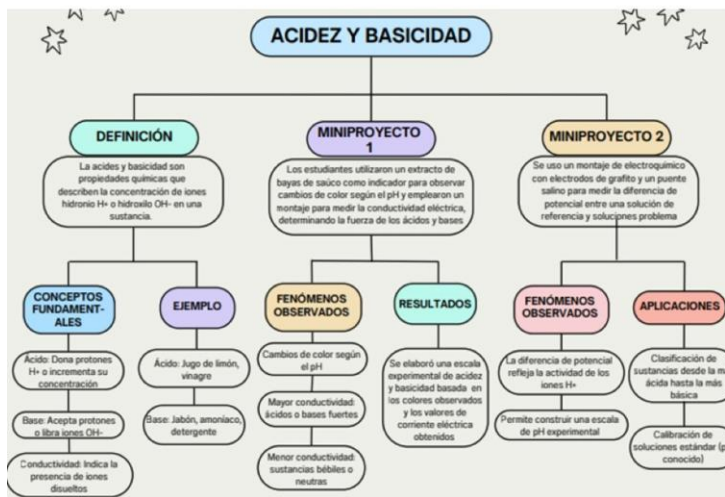
Amfótera	Ácido	Base
H_2O	$H_2O \rightarrow OH^- + H^+$	$H_2O + H^+ \rightarrow H_3O^+$
HCO_3^-	$HCO_3^- \rightarrow CO_3^{2-} + H^+$	$HCO_3^- + H^+ \rightarrow H_2CO_3$
HSO_4^-	$HSO_4^- \rightarrow SO_4^{2-} + H^+$	$HSO_4^- + H^+ \rightarrow H_2SO_4$



Anexo 2. Revisión de organizador gráfico 1.

Estudiante	Apreciación inicial	Identificación de cualidades		Organización por intensidad - Construcción de	Construcción de escalas de medida - Diferencia de potencial		Propiedades según su composición		Uso en el entorno	
Estudiante 1	Ácidos	Corrosivo	Papel tornasol		pH menor a 7	pH neutro es 7	Acepta pares de electrones Libera iones H ⁺ Dona protones H ⁺	Neutralización	Baterías	Refrescos Limpieza
	Bases	Jabonoso al tacto	Rojo de metilo		pH mayor a 7		Dona pares de electrones Libera iones OH ⁻ Acepta protones H ⁺		Anticorrosivos	
Estudiante 2	Ácidos				pH menor a 7	pH neutro es 7	Libera iones H ⁺ Dona protones H ⁺ Concentración de H ⁺	Un ácido y base produce sal y agua		
	Bases				pH mayor a 7		Acepta protones H ⁺ Concentración de OH ⁻			
Estudiante 3	Ácidos	Favorecen la oxidación de metales	Papel tornasol	Conducen electricidad en disoluciones acuosas	pH menor a 7	pH neutro es 7	Acepta pares de electrones Produce iones H ⁺ en agua	Concentración de H ⁺	Café negro	Jugo de Limón
	Bases	Amargo		Conducen electricidad en disoluciones acuosas	pH mayor a 7		Dona protones H ⁺ Dona pares de electrones Libera iones OH ⁻ Acepta protones H ⁺		Jugo de naranja	Líquido de baterías
Estudiante 4	Ácidos	Corrosivo			pH menor a 7	pH neutro es 7	Dona protones H ⁺ Libera iones OH ⁻ Acepta protones H ⁺	Neutralización		
	Bases	Jabonoso al tacto			pH mayor a 7					
Estudiante 5	Ácidos	Reaccionan con metales			pH menor a 7	pH neutro es 7	Acepta pares de electrones Libera iones H ⁺ Dona protones H ⁺	Un ácido y base produce sal y agua	Origen del estomago	Baterías de autos
	Bases	Amargo			pH mayor a 7		Dona pares de electrones Libera iones OH ⁻ Acepta protones H ⁺		Fertilizantes	
Estudiante 6	Ácidos	Reaccionan con metales		Conducen electricidad en disoluciones acuosas	pH menor a 7	pH neutro es 7	Acepta pares de electrones Libera iones H ⁺ Dona protones H ⁺	Hidróxidos	Limón	Fertilizantes - Limpieza - refresco
	Bases	Amargo		Fuertes Débiles	pH mayor a 7		Dona pares de electrones Libera iones OH ⁻ Acepta protones H ⁺		Vinagre	Conservantes
Estudiante 7	Ácidos	Reaccionan con metales	Papel tornasol	Conducen electricidad en disoluciones acuosas	pH menor a 7	pH neutro es 7	Libera iones H ⁺ Dona protones H ⁺	Neutralización	Baterías	Síntesis farmacológica
	Bases	Amargo		Fuertes Débiles	pH mayor a 7		Dona protones H ⁺ Libera iones OH ⁻ Acepta protones H ⁺		Jabón	Anticorrosivos
Estudiante 8	Ácidos				pH menor a 7	pH neutro es 7	Libera iones H ⁺ Dona protones H ⁺	Logaritmo de la concentración de H ⁺		
	Bases				pH mayor a 7		Libera iones OH ⁻ Acepta protones H ⁺			
Estudiante 9	Ácidos	Olor fuerte	Fenolftaleína	Fuertes Débiles	pH menor a 7	pH neutro es 7	Dona protones H ⁺ Acepta pares de electrones	Neutralización	Limón	
	Bases	Amargo		Fuertes Débiles	pH mayor a 7		Dona pares de electrones Libera iones OH ⁻ Acepta protones H ⁺		Vinagre	
Estudiante 10	Ácidos	Reaccionan con metales	Papel tornasol	Conducen electricidad en disoluciones acuosas	pH menor a 7	pH neutro es 7	Libera iones H ⁺ Dona protones H ⁺ Acepta pares de electrones	Concentración H ⁺	Jugo de naranja	Refrescos
	Bases	Amargo			pH mayor a 7		Dona pares de electrones Libera iones OH ⁻ Acepta protones H ⁺		Limón	Líquido de baterías
Estudiante 11	Ácidos	Reaccionan con metales			pH menor a 7	pH neutro es 7	Libera iones H ⁺ Dona protones H ⁺ Acepta pares de electrones	Logaritmo de la concentración de H ⁺	Vinagre	
	Bases				pH mayor a 7		Dona pares de electrones Libera iones OH ⁻ Acepta protones H ⁺		Jabón	

Anexo 3. Segundos organizadores gráficos Docentes en formación





117

Estudiante	Apreciación inicial	Identificación de cualidades		Organización por intensidad - Construcción de escalas - Conductividad		Construcción de escalas de medida - Diferencia de potencial		Propiedades según su composición		Uso en el entorno
Estudiante 1	Ácidos		Cambio de coloración con indicadores	Arenhius	Conductividad eléctrica / Ionización / fuerza	Sorensen	Escala pH / Concentración de H ⁺	Dona protones H ⁺ Acepta pares de electrones	Bronsted y Lowry Lewis	
	Bases			Faraday	Conductividad eléctrica / Electrolitos / movimiento de iones			Acepta protones H ⁺ Dono pares de electrones	Bronsted y Lowry Lewis	
Estudiante 4	Ácidos		Cambio de coloración con indicadores				Escala de pH y pOH pH mide la concentración de H ⁺ pOH mide la concentración de OH ⁻	Liberan iones H ⁺ en disolución Dono protones H ⁺ Acepta pares de electrones	Arenhius Bronsted y Lowry Lewis	Neutralización Titulación
	Bases							Liberan iones OH ⁻ o acepta H ⁺ Acepta protones H ⁺ Dono pares de electrones	Arenhius Bronsted y Lowry Lewis	
Estudiante 5	Ácidos		Sabor agrio Reaccionan con metales	Arenhius	Conductividad eléctrica depende de los iones libres de H ⁺ y OH ⁻ producto de la disociación / ácidos y bases fuertes se disocian totalmente ácidos y bases débiles se disocian parcialmente	Diferencia de potencial eléctrico / Sorensen	Refleja la concentración de H ⁺ / escala de pH / ácido, neutro y básico Medición de la diferencia de potencial con membranas de vidrio Relacionan el potencial eléctrico con la concentración de H ⁺			Liberan H ₂ al reaccionar con metales
	Bases			Faraday	Introduce el término electrolito	Max Cremmer Haber y Nernst Witz				
Estudiante 6	Ácidos		Sabor amargo Sensación Jabonosa	Ostwald	Relaciona la conductividad y la concentración (constante de disociación)	Bedman Nernst	Medidor de pH Permite conectar el potencial con la concentración H ⁺ , convirtiendo la adidez en una señal eléctrica cuantificable			Liberan CO ₂ al reaccionar con carbonatos
	Bases									
Estudiante 8	Ácidos		Tacto acerbado Provocan quemaduras Extrato de bayas de saúco		Ácidos fuertes tienen alta conductividad Ácidos débiles tienen baja conductividad		pH < 7			
	Bases	Tonalidad rosa		Colorimetría / Tonalidad verde o amarillenta, en algunos casos azules Resbaladizo o jabonoso Sabor amargo	Arenhius Bases fuertes / alta conductividad Arenhius Bases débiles / baja conductividad					
Estudiante 9	Ácidos	Cambios de color según pH	Bayas de Saúco como indicador colorimétrico		Se elaboró una escala experimental de adidez y basicidad basada en los colores observados y los valores de corriente eléctrica obtenidos	Se usó un montaje de electroquímico con electrodos de grafito y un puente salino para medir la diferencia de potencial entre una solución de referencia y la diferencia de potencial refleja la actividad	Clasificación de sustancias desde la más ácida hasta la más básica	Concentración de iones Hidrógeno Dono protones H ⁺		Jugo de limón Vinagre
	Bases				Menor conductividad ácidos y bases débiles Mayor conductividad ácidos y bases fuertes	Permite construir escala de pH experimental	Calibración de soluciones estándar (pH conocido)	Concentración de iones hidróxido OH ⁻ Acepta protones o libera iones OH ⁻		Jabón Amoníaco Detergente
Estudiante 10	Ácidos	Cambian de color según la adidez o basicidad (Fenómeno de ionización de pigmentos)	Indicadores: Col morada, remolacha, cúrcuma, pétalos de jamaica, Fenolftaleína, anaranjado de metilo, azul de bromotímol	Arenhius	Ácido libera H ⁺ en agua y Bases liberan OH ⁻ Ácidos y bases fuertes tienen alta conductividad y ácidos junto con bases débiles menor conductividad	Sorensen	Escala de pH / Cuantificar la adidez o basicidad de las soluciones usadas en fermentación de proteínas y enzimas pH medida logarítmica que expresa la concentración de iones Hidrógeno en una solución acuosa pH = log H ⁺ pH = 3 (Ácido) pH = 7 (Neutro) pH = 12 (Básico)	Acepta un par de electrones / Formación de complejos, reacciones de coordinación y catalisis / Teoría de enlaces químicos Dono protones H ⁺ / Reacciones reversibles, equilibrio ácido-base, formación de pares conjugados	Lewis Bronsted y Lowry	HCl, H ₂ SO ₄ , CH ₃ COOH, Jugo de Limón Efervescencia con metales, liberación de gas
	Bases			Arenhius	Los ácidos y las bases son electrolitos cuando se disuelven en agua, estos iones transportan la corriente eléctrica		Utiliza un electrodo de vidrio sensible a H ⁺ y un electrodo de referencia, midiendo la diferencia de potencial eléctrico entre ambos / Relación directa entre el voltaje y el pH, según la ecuación de Nernst	Liberan iones H ⁺ en disolución	Arenhius	Titulaciones
Estudiante 11	Ácidos		Sabor amargo Tacto jabonoso resbaladizo	Arenhius	Teoría electrolítica / Conductividad eléctrica / Disociación iónica en medios acuosos /	Nernst	Relación entre potencial eléctrico y concentración de iones	Dono un par de electrones	Lewis	NaOH, KOH, NH ₃ , Bicarbonato
	Bases			Kohlrausch	Estudia la conductividad molar y como varía con la dilución			Acepta protones H ⁺	Bronsted y Lowry	Emulsificación de grasas
Estudiante 11	Ácidos		Indicadores colorimétricos naturales como las bayas de saúco, flor de Jamaica, Col morada, cúrcuma, betamet y sintéticos como la fenolftaleína, azul de bromotímol, rojo de metilo, naranja de metileno	Faraday	Leyes de la electrolisis			Liberan iones OH ⁻ o acepta H ⁺	Arenhius	Limpieza y reacciones redox
	Bases			Arenhius	Ácidos y bases fuertes tienen alta conductividad por tanto < pH Ácidos junto con bases débiles menor conductividad por tanto > pH	Diferencia de potencial	Tendencia de una sustancia a cambiar de estado, reaccionar o moverse pH mide la concentración de iones H ⁺ , lo cuales tienen carga positiva, por eso afecta el potencial eléctrico de una solución Si hay muchos H ⁺ (ácido) el potencial es más alto, pH bajo / Si hay pocos H ⁺ (básico) el potencial es más bajo, pH alto	Liberan iones H ⁺ en disolución Dono protones H ⁺	Arenhius Bronsted y Lowry	
Estudiante 11	Ácidos				Conductividad eléctrica como medida de la cantidad de iones disueltos (sin importar si son H ⁺ o OH ⁻)			Liberan iones OH ⁻ o acepta H ⁺	Arenhius	
	Bases							Acepta protones H ⁺	Bronsted y Lowry	

Anexo 5 . Archivo de Excel datos de conductividad relación entre concentración y amperaje.

Molaridad	C₆H₈O₇	CH₃COOH	NH₃	LiOH	NaHCO₃	Ca(OH)₂	C₂H₂O₄	H₃PO₄	NaOH	NaCl	HCl
0,1000	9	4	1,45	16,5	8,5	42	29	60	150	64	165
0,0750	11,5	4,4	1,6	16,5	8,5	47	29	63	150	64	165
0,0600	12	4,7	1,7	16,5	8,5	52	29	66	150	64	165
0,0500	13	5	1,8	16,5	8,5	58	29	70	150	64	165
0,0429	14	5	1,9	17	8,6	63	29	74	150	64	165
0,0375	14,5	5,3	2,05	17,5	8,6	72	29	75	150	64	165
0,0333	14,5	5,3	2,17	17,5	8,6	75		77	150	64	165
0,0300	15	6	2,22	18		78		79	150	64	165
0,0273	15,5	6,2	2,3	18		80		80	150	64	165
0,0250	16	6,4	2,4	18		80		81	150	64	165
0,0231	16,5	6,4	2,48	18,2		82		82			
0,0214	17	6,4	2,55	18,2		83		82			
0,0200	17,5	6,4	2,6	18,5		83		82			
0,0188	17,5	6,5	2,65	18,5		83		83			
0,0176	18	6,5	2,7	18,5		84		84			
0,0167	18	6,6	2,75	18,5		84		84			
0,0158	18,5	6,7	2,8			84		84			
0,0150	18,5	6,8	2,8			84		84			
0,0143	19	6,9	2,8								
0,0136	19	7	2,85								
0,0130	19	7,1	2,88								
0,0125	19	7,2	2,9								
0,0120	19,5	7,3	2,95								
0,0115	19,5	7,4	3,2								
0,0111	19,5	7,5	3,4								
0,0107		7,6	3,65								
0,0103		8	3,8								
0,0100		8	3,8								
0,0097		8,2	3,8								
0,0094		8,2	3,8								

Anexo 6. Miniproyecto 1.

CONSTRUCCIÓN DE UNA RUTA EXPERIMENTAL SOBRE LOS FENÓMENOS DE ACIDEZ Y BASICIDAD DESDE UNA PERSPECTIVA FENOMENOLÓGICA E HISTÓRICO-CRÍTICA

CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA DE LA ACIDEZ Y LA BASICIDAD

Maestranes: María Lineth Intencipa Acosta¹ y Juan Carlos Rodríguez Calderón²

Directora: Sandra Sandoval Osorio

1. Datos generales:

Semestre _____ Grupo _____

Fecha: _____

Integrantes del grupo:

2. Contexto histórico. Leer el siguiente texto.

La Gran Aventura de los Ácidos y las Bases: Descifrando el Misterio de las Soluciones

Imagina que es el siglo XIX. Eres un científico y tienes frente a ti un gran misterio: ¿por qué algunas soluciones conducen la electricidad y otras no? ¿Cómo explican las reacciones químicas? La historia de cómo se resolvió este rompecabezas es una de las más emocionantes de la química, y fue armada pieza por pieza por grandes mentes.

Todo comenzó con las observaciones sobre cómo se comportaban las sales. Gay-Lussac (1833) propuso la teoría de la "equipolencia", sugiriendo que las sales en solución se descomponían en "radicales" (¡lo que hoy conocemos como iones!) que actuaban como intermediarios en las reacciones. Usó esta idea para explicar, por ejemplo, la formación de éter etílico con ácido sulfúrico como catalizador (Arrhenius, 1912). Williamson amplió esta idea, imaginando que en una solución había un intercambio perpetuo de estos radicales. Esto explicaba por qué, al mezclar dos sales, se formaban rápidamente las cuatro sales posibles, lo que también fortaleció la idea de que el hidrógeno era un ion clave en los ácidos.

Mientras unos veían la química, otros veían la electricidad. Faraday (1834) fue quien conectó ambos mundos. Estudió la relación entre la electricidad y la masa de los compuestos, y realizó una clasificación crucial: los llamó electrólitos por que conducen la corriente eléctrica (Jiménez, et al. 2015), más adelante Arrhenius los clasificaría en fuertes si la corriente fluye con facilidad o débiles si se le dificulta ¡Faraday puso los primeros nombres a lo que hoy estudias en el laboratorio!

En paralelo, se necesitaba una definición clara. Justus Liebig (1839) la proporcionó al definir un ácido de manera simple y poderosa: un compuesto hidrogenado cuyo hidrógeno puede ser sustituido por un metal para formar una sal (Alméciga y Muñoz, 2013).

Pero el misterio necesitaba leyes matemáticas. Guldberg y Waage (1864) las dieron con la Ley de Acción de Masas, estableciendo que la velocidad de una reacción depende de las concentraciones de los reactivos. Esta ley sería la base fundamental para que luego Sørensen desarrollará la escala de pH.

Sin embargo, había un problema: las soluciones no se comportaban como los gases. Van't Hoff (1886), basándose en los gases ideales, propuso la Ley de Soluciones Diluidas. Al ver que fallaba con las sales, introdujo un ingenioso factor de corrección "i". ¡Esta fue una pista monumental! Ese factor representaba el número de partículas en las que se dividía una molécula, anticipando la idea de disociación iónica y allanando el camino para las constantes de equilibrio (Alméciga y Muñoz, 2013).

Kohlrausch (1876), inspirándose en Faraday, se centró en la conductividad. Su gran aporte fue establecer que la conductividad total de una solución es la suma de las contribuciones independientes del anión y del catión (Arrhenius, 1912). Es decir, cada ion viaja a su propio ritmo.

Todas estas piezas convergieron en la mente de un joven científico brillante: Svante Arrhenius. En 1884, armó el rompecabezas con su Teoría de la Disociación Electrolítica, proponiendo que:

- Los ácidos son sustancias que liberan iones H^+ en agua.
- Las bases son sustancias que liberan iones OH^- en agua.
- Es esta disociación en iones lo que hace que una solución conduzca la electricidad (Jiménez, et al. 2015). Además, calculó la constante de disociación (K_a/K_b) para ácidos y bases, un concepto fundamental para entender su fuerza.

Arrhenius no solo usó las ideas de otros, sino que también analizó datos experimentales. Al comparar las conductividades medidas por Kohlrausch con la fuerza química de los ácidos, llegó a una conclusión revolucionaria (1903): las moléculas eléctricamente activas (disociadas) son las químicamente activas. Esto significaba que un ácido débil, al diluirse, se disocia más y se acerca en conductividad a uno fuerte (Arrhenius, 1903).

Su colega, Wilhelm Ostwald, complementó este trabajo relacionando matemáticamente el grado de disociación con la concentración y, crucialmente, identificó en 1893 la constante de disociación del agua (K_w) (Da Silva y Alfonso, 2007), la piedra angular del equilibrio ácido-base que estudiarás.

Esta fue una colaboración épica. Cada científico, desde las primeras observaciones de Gay-Lussac hasta las leyes cuantitativas de Arrhenius y Ostwald, aportó una pieza para resolver el misterio y sentar las bases de la química moderna que ahora tú explorarás.

(Texto tomado y adaptado del trabajo de investigación, páginas (24-25), mediante IA Deep Seek)

3. Elementos de trabajo:

- Reactivos: soluciones de ácido acético, ácido clorhídrico, ácido oxálico, ácido cítrico, agua desionizada, cloruro de sodio, amoníaco, bicarbonato de sodio, hidróxido de litio, hidróxido de calcio, hidróxido de sodio, indicador colorimétrico de extracto de bayas de sauco.

Nota: En la práctica de laboratorio las soluciones no estarán rotuladas con el nombre del reactivo, sino con una letra designada al azar, con el objetivo de que sean soluciones problema y no interfieran en la presentación de los resultados.

- Materiales: placa de porcelana, gotero, pipeteador, pipetas 5 y 10 mL, probeta de 10 mL, 2 beakers de 200, 2 beakers de 400 mL, 2 placas de cobre, 3 cables con pinza, fuente de poder, amperímetro. (Ejemplo de montaje por partes).

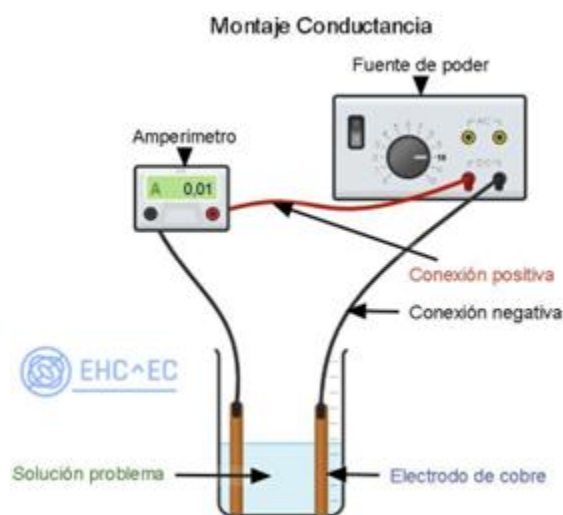


Imagen 1. Elaboración propia

4. Tarea (reflexión)

- 1) De acuerdo con los resultados de la prueba colorimétrica organice las soluciones problema en ácidas y básicas.
- 2) Teniendo en cuenta la lectura anterior sobre los antecedentes históricos de la conductividad en soluciones acuosas, la prueba colorimétrica y los elementos de trabajo mencionados en el punto 3, diseñe una práctica de laboratorio que dé una respuesta argumentada a la siguiente pregunta **¿Cómo la conductividad puede usarse para establecer una escala de clasificación de ácidos y bases según su naturaleza fuerte o débil?**
5. Lea cuidadosamente lo que tiene que hacer antes de comenzar la tarea, interprétela y escriba con sus propias palabras su interpretación.

6. Escriba a continuación claramente el procedimiento de la práctica de laboratorio.
7. Durante la realización de la práctica de laboratorio describa el proceso, hallazgos, productos y responda los siguientes ítems:
 - Tabule los datos obtenidos y elabore una escala de organización de ácidos y bases (tenga en cuenta los colorimetría y conductividad).
 - ¿Cuál es la importancia que tiene el uso de indicadores colorimétricos en el establecimiento de escalas perceptuales sobre la acidez y basicidad?
 - ¿Qué importancia tiene el uso de los valores de conductividad para el establecimiento de una escala de medida de acidez y basicidad?
 - ¿Cómo contribuye este taller a su formación docente para la enseñanza y aprendizaje de los fenómenos de acidez y basicidad?
8. Describa sus opiniones con referencia a la actividad terminada, indique aspectos positivos y negativos e incluso sus dificultades, si encontró alguna.

Referencias Bibliográficas:

Alméciga, A. & Muñoz, M. (2013). pH, historia de un concepto. Análisis en textos de educación superior, Trabajo de tesis para optar al título de magister en docencia de la química. Universidad Pedagógica Nacional.

Arrhenius, S. (1903). Development of the theory of electrolytic Dissociation. Nobel Lecture.

Arrhenius, S. (1912). Theories of solutions. New Haven: Yale University Press. London: Henry Frowde. Oxford University Press.

Jiménez, F; Molina, M y Carriazo, J. (2015). Investigación de las Concepciones Alternativas sobre Ácidos y Bases en Estudiantes de Secundaria. Scientia et Technica Año XX. 20-2, 188-194. Universidad Tecnológica de Pereira.

Anexo 7. Resultados Miniproyecto 1

A continuación, se muestran las tablas de organización de las cualidades de color conductividad realizadas por los docentes en formación y la respetiva revisión y organización por parte de los autores de la tesis.

Resultados grupo 1

Tabla 1:*Resultados grupo 1, miniproyecto 1 - conductividad eléctrica de la acidez y la basicidad.*

Solución Problema	Amperaje (mA)	Color	Posible reactivo
J	255	Rosado intenso oscuro	Ácido Clorhídrico
D	50	Rosado medio	Ácido cítrico
F	7	Rosado claro	Ácido fosfórico
B	2,8	Rosado pastel	Ácido acético
I	54	Rosa casi neutro	Cloruro de sodio
K	47	Verde claro	Bicarbonato de sodio
E	3,5	Verde pálido	Hidróxido de amonio
G	40	Verde claro amarillento	Hidróxido de Litio
C	110	Verde amarillento	Hidróxido de Calcio
A	110	Amarillo verdoso pálido	Hidróxido de sodio

Resultados grupo 2**Tabla 3.***Resultados grupo 2, miniproyecto 1 - conductividad eléctrica de la acidez y la basicidad.*

Solución Problema	Amperaje (mA)	Color	Posible reactivo
J	110	Rosado oscuro	Ácido clorhídrico
F	14	Rosado oscuro	Ácido oxálico
D	8	Rosado claro	Ácido cítrico
B	1	Rosado claro	Ácido acético
C	31	Verde claro	Amoniaco
G	20	Verde claro	Hidróxido de calcio
I	36	Incoloro	Hidróxido de litio
K	6,9	Incoloro	Hidróxido de sodio
E	1	Verde oscuro	Bicarbonato de sodio
A	90	Amarillo	Cloruro de sodio

Resultados grupo 3**Tabla 5.***Resultados grupo 3, miniproyecto 1 - conductividad eléctrica de la acidez y la basicidad.*

Solución Problema	Amperaje (mA)	Color	Posible reactivo
J	110	Rosado oscuro	Ácido clorhídrico
F	14	Rosado oscuro	Ácido cítrico
D	8	Rosado claro	Ácido acético
I	36	Incoloro	Cloruro de sodio
K	1	Incoloro	Agua desionizada
B	1	Rosado claro	Bicarbonato de sodio
A	90	Amarillo	Hidróxido de sodio
C	31	Verde claro	Hidróxido de litio

G	20	Verde claro	Hidróxido de calcio
E	6,9	Casi incoloro	Amoniaco

Tabla 6.

7.2 ¿Cuál es la importancia que tiene el uso de indicadores colorimétricos en el establecimiento de escalas perceptuales sobre la acidez y basicidad?

Grupo	Respuesta
Grupo 1	Los indicadores colorimétricos son útiles para crear escalas sensoriales de acidez y basicidad porque dan una indicación visual inmediata del cambio de pH de una sustancia mediante una variación de color fácilmente reconocible. En la práctica realizada, los indicadores ayudaron a distinguir los ácidos (color rosa) de las bases (color verde y amarillo), creando una escala visual que muestra una propiedad química del pH. Además, este método permite hacer una comparación de la intensidad del color con la fuerza del ácido o de la base, reforzando la relación entre la conductividad eléctrica y el pH. De este modo, se puede observar que las disoluciones más coloreadas tienen mayor concentración de iones (por ejemplo, el HCl dio color rosado oscuro y fue muy conductor), en tanto que las más claras o verdosas son menos conductoras o neutras.
Grupo 2	El uso de indicadores colorimétricos nos permite establecer una relación directa visual en el pH de una sustancia por ende su grado de acidez o basicidad ya que observando el cambio de color los estudiantes pueden distinguir cualitativamente la naturaleza de una sustancia con la observación y interpretación de evidencias experimentales.
Grupo 3	Es bastante importante porque la aplicación de indicadores colorimétricos ayuda a la elaboración de escalas donde nos permita reconocer una sustancia ácida o base por medio del color, sin la necesidad de requerir un aparato electrónico, como un potenciómetro, entre otros; brindándonos una alternativa para el reconocimiento de sustancias que sea de bajo costo y segura para los estudiantes, ya que en muchos contextos en el país, la aplicación de herramientas de laboratorio son muy limitadas por lo que este tipo de indicadores nos ayudan a conceptualizar temas como la acidez y basicidad de manera segura y rentable donde se logra hacer una escala comparativa y dinámica, por medio de la comparación entre la colorimetría dada por cada indicador y tonalidades diversas. Logrando así un avance significativo para el medio educativo de la química y fomentando la experimentación en el aula.

7.3 ¿Qué importancia tiene el uso de los valores de conductividad para el establecimiento de una escala de medida de acidez y basicidad?

Grupo	Respuesta
Grupo 1	El uso de valores de conductividad que en este caso se empleó la unidad de medida “amperaje”, es crucial porque proporciona una medida cuantitativa de la fuerza de los ácidos y bases. complementando y apoyando la escala de pH y la indicación visual que nos resultó de la colorimetría resultante luego de usar el indicador de sauco en cada una de las soluciones problema.

Grupo 2	La conductividad es importante para establecer una escala de acidez y basicidad ya que complementa la observación colorimétrica ya que indica el grado de ionización los ácidos y bases fuertes presentan alta conductividad gracias a la gran cantidad de iones libres, por otro lado, los electrolitos débiles o no electrolitos muestran valores bajos o nulos.
Grupo 3	La conductividad en el establecimiento de sustancia ácidas o básicas, nos ayudan a cuantificar las escalas relacionadas con el color; ya que esta genera más o menos conductividad por la cantidad de iones libres presentes en cada sustancia (OH^- , H^+), por lo que se puede evidenciar otro factor importante dentro del pH que podemos complementar con la colorimetría, que es la que nos ayuda a evidenciar los ácidos y bases fuertes entre las débiles, dando más solidez a los datos observados, con datos cuantitativos, donde ya no solo evidenciamos si es ácido a básico, sino que también si es fuerte o débil y porque pasa esto.

7.4 ¿Cómo contribuye este taller a su formación docente para la enseñanza y aprendizaje de los fenómenos de acidez y basicidad?

Grupo	Respuesta
Grupo 1	Este tipo de talleres nos permite ir más allá de las definiciones teóricas de ácidos y bases dadas por (Arrhenius, Brønsted-Lowry, Lewis) y así vivenciar los fenómenos, la experiencia de elaborar una escala basándonos en múltiples criterios (pH, color, conductividad) nos asegura una comprensión multidimensional y rigurosa del tema. En cuanto al manejo de materiales y equipos nos ayuda a adquirir habilidades prácticas en el uso de indicadores colorimétricos, medidores de potenciales de hidrogeno y medidores de conductividad, que son herramientas estándar en la enseñanza de la química. Por último pero no menos importante este taller nos proporciona un modelo de actividad experimental concreto y reproducible para la enseñanza ya que aprendemos a usar la analogía sensorial (color y sabor) y la evidencia cuantificable como el pH y la conductividad para explicar conceptos abstractos, como el grado de ionización y la fuerza
Grupo 2	Este taller refuerza conceptos de acidez y basicidad a través de la práctica y el uso de materiales naturales y accesibles. Es una forma de aprender por medio de estrategias didácticas activas que fomentan la indagación la observación y la construcción de conocimiento científico articulando la teoría y la práctica y fortaleciendo estrategias pedagógicas en contextos escolares.
Grupo 3	Este taller se profundiza muy bien la conceptualización e identificación de sustancias ácidas y básicas, implementado la experimentación como fundamento básico de la construcción de estos conceptos, donde nos da pie para alternativas más accesibles a este tipo de temáticas, que logren ser fáciles de implementar en un aula, fomentando la experimentación y la capacidad de problematizar conceptos básicos de la química de manera eficaz y dinámica, y es interesante poner sobre la mesa una química mas amigable con el ambiente, como la implementación de un indicador de extracto de bayas de saúco, que funcionan muy bien en el reconocimiento de sustancias y revela la utilidad de recursos más naturales en un laboratorio.

8. Describa sus opiniones con referencia a la actividad terminada, indique aspectos positivos y negativos e incluso sus dificultades, si encontró alguna.

Grupo	Respuesta
Grupo 1	El uso del indicador colorimétrico hizo que los conceptos de acidez y basicidad fueran inmediatamente visibles y fáciles de distinguir (ácidos = rosa/rojo, bases = verde/amarillo). Esto facilitó la comprensión y retención. La actividad logró integrar el concepto de pH (acidez/basicidad) con la fuerza (conductividad) y la escala visual (colorimetría), esto nos permitió una comprensión más profunda de por qué algunas sustancias son más reactivas que otras a pesar de tener un pH similar (comparación entre ácido débil y fuerte). La necesidad de tabular los datos y crear una escala de organización con múltiples variables (pH, color, Amperaje) este fue un ejercicio excelente de análisis de datos y pensamiento crítico. Aspectos Negativos y Dificultades Una dificultad podría ser la interpretación subjetiva de los colores, especialmente en los tonos medios o neutros (ej., “Rosa casi neutro” vs. “Rosa claro”). Esto puede generar dificultades al intentar ordenar las sustancias basándonos únicamente en el color, por otro lado las mediciones de amperaje o conductividad, siendo valores numéricos podrían haber presentado dificultades técnicas con el equipo o requerir una comprensión previa sobre la polaridad del circuito para evitar resultados opuestos o confusos. Al principio algunas sustancias fuertes o débiles no arrojaron el resultado de conductividad esperado, lo cual nos obligó a revisar el fundamento teórico o el procedimiento, como se menciona en contextos similares donde los ácidos y bases fuertes/débiles a veces dan resultados opuestos a lo esperado por fallos en el equipo o la técnica.
Grupo 2	• La actividad estuvo muy interesante, pero también compleja con el uso del amperímetro al principio, ya que no nos daba resultados de los mA, y nos tocaba cambiar el nivel de voltaje y cables para así, si poder obtener resultados • Es interesante, aunque un poco difícil poder descifrar que reactivo tenemos solo por su color y conductividad eléctrica, debido a los diferentes factores que puede afectar estas mediciones y las cantidades que se usan, entonces esto complico más la investigación.
Grupo 3	En este laboratorio experimentamos varios puntos claves que nos ayudaron con la implementación futura de temáticas en el aula, como también el dinamismo que puede experimentarse en un laboratorio universitario. Lo primero que resaltamos de esta actividad es que logramos ver más allá de los reactivos que se utilizan en el laboratorio, donde nosotros también podemos implementar alternativas más naturales, que cumplen con la función que se requiere y que puede llegar a ser más beneficiosos los resultados obtenidos, también evidenciamos que la conceptualización de temáticas como

	la acidez y basicidad, es un tema bastante amplio que logramos profundizar y tener más manejo del tema con la implementación de una escala de acidez y basicidad hecha por nosotros y que nos puede servir para nuestro futuro como maestros. Puntos negativos que logramos evidenciar es la falta de instrumentos de laboratorio eficientes, que nos dificulto bastante, pero es algo que se sale de las manos del maestro y los estudiantes.
--	--

Anexo 8. Miniproyecto 2

CONSTRUCCIÓN DE UNA RUTA EXPERIMENTAL SOBRE LOS FENÓMENOS DE ACIDEZ Y BASICIDAD DESDE UNA PERSPECTIVA FENOMENOLÓGICA E HISTÓRICO-CRÍTICA

DIFERENCIA DE POTENCIAL ELÉCTRICO DE LA ACIDEZ Y LA BASICIDAD

Maestros: María Lineth Intencipa Acosta¹ y Juan Carlos Rodríguez Calderón²

Directora: Sandra Sandoval Osorio

1. Datos generales:

Semestre _____ Grupo _____

Fecha: _____

Integrantes del grupo: _____

2. Contexto histórico. Leer el siguiente texto.

El Último Misterio: ¿Cómo Medir lo Invisible? La Aventura del pH

Después de que gigantes como Arrhenius y Ostwald descubrieran el mundo de los iones y la disociación, quedaba un desafío enorme: ¿cómo medir de forma práctica y exacta la acidez o basicidad de una solución? La respuesta no sería un solo descubrimiento, sino una carrera de relevos llena de ingenio.

La primera gran idea surgió de Max Cremer (1906), quien, inspirado por las leyes termodinámicas, tuvo una corazonada brillante. Se preguntó qué pasaría si se usaba una membrana muy delgada de vidrio para separar dos soluciones. Intuyó que, si el vidrio era lo suficientemente fino, podría generar una fuerza electromotriz (un voltaje) medible. Como un verdadero científico, no se quedó en la teoría: recordó las finísimas "bombillas" que hacían los sopladores de vidrio al unir tubos y ¡decidió usarlas en sus experimentos! Su trabajo sentó las bases físicas para lo que vendría después (Da Silva y Alfonso, 2007).

El siguiente eslabón crucial lo forjaron Haber y Klemensiewicz. Tomando la idea de Cremer, descubrieron que el potencial eléctrico en la membrana de vidrio dependía directamente de la concentración de iones hidrógeno. ¡Eureka! Habían encontrado la manera de transformar la acidez (algo químico) en una señal eléctrica (algo medible con un instrumento). Este hallazgo

permitió el uso de capilares de vidrio para medir la acidez, creando el primer electrodo de vidrio (Da Silva y Alfonso, 2007).

Pero necesitábamos una escala para entender esos números. Ahí entró el bioquímico S. P. L. Sørensen (1909). Mientras estudiaba enzimas (cuya actividad depende críticamente de la acidez), se dio cuenta de que necesitaba una forma simple de expresar las concentraciones de $[H^+]$ enormemente variables. Su solución fue genial: propuso usar el logaritmo negativo de esa concentración, a lo que llamó pH (y pOH para los iones hidroxilo). Esta notación convirtió números incómodos (como 0.0000001) en valores manejables (como 7), revolucionando la forma de reportar la acidez (Alméciga y Muñoz, 2013; Sørensen, 1909).

Es justo decir que Sørensen no lo hizo solo. Su propuesta se apoyó en los hombros de todos los científicos anteriores: la ley de acción de masas de Guldberg y Waage, los estudios sobre electrólitos de Faraday y Ostwald, y las teorías de Arrhenius y Kohlrausch sobre disociación y conductividad.

Con la teoría clara, faltaba el instrumento. Arnold O. Beckman (1930) lo hizo realidad. Él integró el electrodo de vidrio con la tecnología de su tiempo: un amplificador de tubo de vacío. Esto permitía medir el pequeño voltaje del electrodo sin extraer corriente significativa, dando lecturas estables y precisas. Así nació el primer medidor de pH, funcional y comercial, uniendo la química con la electrónica (Da Silva y Alfonso, 2007).

La magia detrás del aparato: La Ecuación de Nernst

¿Cómo funciona exactamente ese voltaje? Todo se explica con la poderosa ecuación de Nernst. Para un electrodo de vidrio específico para H^+ , el potencial eléctrico (E) que genera está relacionado logarítmicamente con la actividad de los iones hidrógeno.

La ecuación general es:
$$E = E^\circ - (RT/nF) * \ln Q$$

Para el caso específico del pH, se reescribe para mostrarnos la relación directa:
$$E = E^\circ - (2.3026RT/F) * \text{pH}$$

Donde:

- E es el potencial medido.
- E° es el potencial estándar constante del electrodo.
- R es la constante de los gases.
- T es la temperatura en Kelvin.
- F es la constante de Faraday.
- pH es, por supuesto, nuestro valor de interés.

En práctica: El medidor de pH mide el voltaje (E) y, conociendo E° , usa esta ecuación para calcular y mostrar el pH directamente en la pantalla. Es un perfecto matrimonio entre la teoría termodinámica más pura y la ingeniería aplicada. Incluso, podríamos usar ese voltaje para

clasificar ácidos y bases: valores de potencial más positivos indican soluciones ácidas, y los más negativos, básicas.

Esta aventura científica, que fue de una corazonada sobre el vidrio a un instrumento en todos los laboratorios, es un ejemplo perfecto de cómo la química se construye con el trabajo colaborativo a través del tiempo.

(Texto tomado y adaptado del trabajo de investigación, páginas (24-25), mediante IA Deep Seek)

3. Elementos de Trabajo:

- Reactivos: Soluciones de ácido acético, ácido clorhídrico, ácido oxálico, ácido cítrico, agua desionizada, cloruro de sodio, amoníaco, bicarbonato de sodio, hidróxido de litio, hidróxido de calcio, hidróxido de sodio.

Nota: *En la práctica de laboratorio las soluciones no estarán rotuladas con el nombre del reactivo, sino con una letra designada al azar, con el objetivo de que sean soluciones problema y no interfieran en la presentación de los resultados.*

- Materiales: gotero, pipeteador, pipetas de 5, 12 beakers de 50 mL, tubo en U (puente salino), 2 cables con pinza, electrodos de grafito, fuente de poder, amperímetro, algodón. (Ejemplo de montaje por partes).

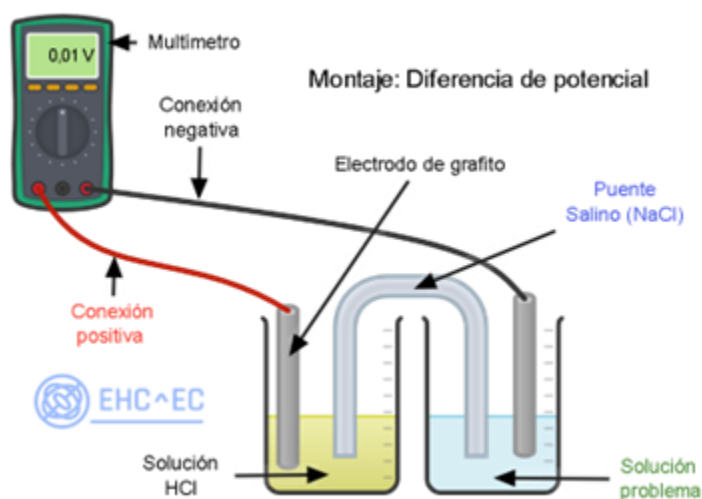


Imagen 1. Elaboración propia

4. Tarea (Reflexión)

Teniendo en cuenta la lectura anterior sobre los antecedentes históricos de la diferencia de potencial y construcción del aparato de medida de acidez y basicidad, con los elementos de trabajo mencionados en el punto 3, diseñe una práctica de laboratorio que dé una respuesta argumentada a la siguiente pregunta **¿Cómo la diferencia de potencial permite la ordenación de ácidos y bases desde el más fuerte hasta el más débil?**

5. Lea cuidadosamente lo que tiene que hacer antes de comenzar la tarea, interprétela y escriba con sus propias palabras su interpretación.
6. Escriba a continuación claramente el procedimiento de la práctica de laboratorio.
7. Durante la realización de la práctica de laboratorio describa el proceso, hallazgos, productos y responda los siguientes ítems:
 - Tabule los datos obtenidos y elabore una escala de medida de acidez y basicidad.
 - Si en este trabajo se logra hacer una escala de medida de acidez y basicidad, argumente ¿Cuál es la relación entre la acidez, la basicidad y la diferencia de potencial para el establecimiento de una escala de medida?
 - ¿Cómo contribuye este taller a su formación docente para la enseñanza y aprendizaje de los fenómenos de acidez y basicidad?
 - ¿Cómo la diferencia de potencial contribuyó a la construcción de un medidor de pH?
8. Describa sus opiniones con referencia a la actividad terminada, indique aspectos positivos y negativos e incluso sus dificultades, si encontró alguna.

Referencias Bibliográficas:

Alméciga, A. & Muñoz, M. (2013). pH, historia de un concepto. Análisis en textos de educación superior, Trabajo de tesis para optar al título de magister en docencia de la química. Universidad Pedagógica Nacional.

Scholz, F. (2011). Del frasco de Leiden al descubrimiento del electrodo de vidrio por Max Cremer. Alemania. J Solid State Electrochem (2011) 15:5-14. DOI 10.1007/s10008-009-0962-7

Muñoz, J y Muñoz, L. (2009). Neutralización ácido–base, un concepto desde lo cotidiano. Universidad Pedagógica Nacional Bogotá, Colombia. Tecné, Episteme y Didaxis: TED, p. 1095-1100.

Da Silva, G y Afonso, J. (2007). De Svante Arrhenius ao peagâmetro digital: 100 anos de medida de acidez. Química Nova. 30-1, 232-239.

Sörensen, S. (1909). Enzyme Studies II. The Measurement and Meaning of Hydrogen Ion Concentration in Enzymatic Processes de Sörensen. Nobel Lecture.

Anexo 9. Resultados Miniproyecto 2

A continuación, se relacionarán los resultados del miniproyecto 2, segunda entrega, de cada uno de los grupos seguido de la respectiva revisión y análisis por parte de los maestrantes.

7. Durante la realización de la práctica de laboratorio describa el proceso, hallazgos, productos y responda los siguientes ítems:

7.1 Tabule los datos obtenidos y elabore una escala de medida de acidez y basicidad.

Resultados grupo 1

Tabla 1:*Resultados grupo 1, miniproyecto 2 – diferencia de potencial de la acidez y la basicidad.*

Solución Problema	Voltaje (mV)	Color	Posible reactivo
J	0,5	Rosado intenso oscuro	Ácido clorhídrico
F	0,15	Rosado claro	Ácido cítrico
I	-0,106	Rosa casi neutro	Cloruro de sodio
B	-0,16	Rosado pastel	Ácido acético
D	-0,22	Rosado medio	Ácido oxálico
G	-0,231	Verde claro amarillento	Hidróxido de Litio
K	-0,253	Verde claro	Amoniac
E	-0,356	Verde pálido	Bicarbonato de sodio
C	-0,386	Verde amarillento	Hidróxido de sodio
A	-0,39	Amarillo verdoso pálido	Hidróxido de calcio

Nota: Escala de medida de acidez y basicidad (de mayor a menor potencial) $J > F > I > B > D > G > K > E > C > A$. Las sustancias con potenciales más positivos son más ácidas, porque tienen mayor tendencia a ganar electrones (reducirse). Las que tienen potenciales más negativos son más básicas, ya que tienden a ceder electrones (oxidarse).

Resultados grupo 2**Tabla 3:***Resultados grupo 2, miniproyecto 2 – diferencia de potencial de la acidez y la basicidad.*

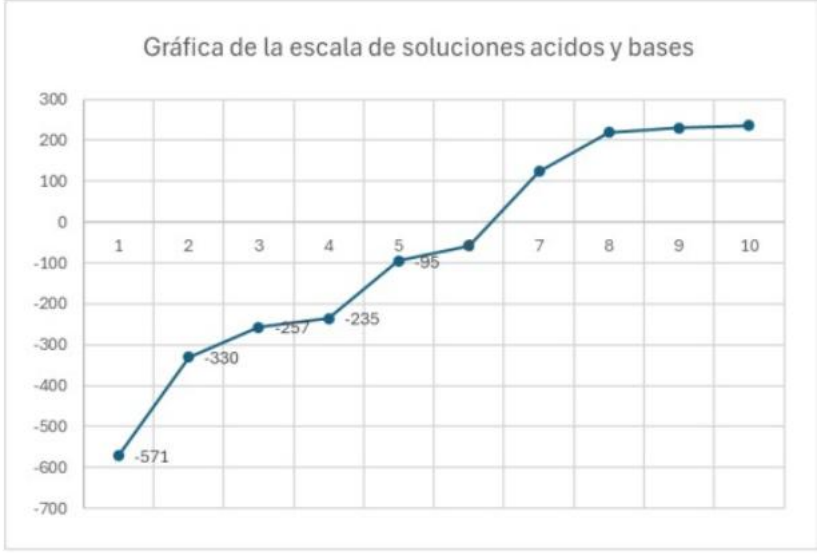
Solución Problema	Voltaje (mV)	Color	Posible reactivo
J	236	Rosado oscuro	Ácido clorhídrico
D	230	Rosado claro	Ácido cítrico
F	220	Rosado oscuro	Ácido oxálico
B	124	Rosado claro	Ácido acético
I	-58	Incoloro	Cloruro de sodio
G	-95	Verde claro	Amoniac
K	-235	Incoloro	Hidróxido de Litio
E	-257	Verde oscuro	Bicarbonato de sodio
C	-330	Verde claro	Hidróxido de Calcio
A	-571	Amarillo	Hidróxido de Sodio

Resultados grupo 3**Tabla 5:***Resultados grupo 3, miniproyecto 2 – diferencia de potencial de la acidez y la basicidad.*

Solución Problema	Voltaje (mV)	Color	Posible reactivo
J	327	Rosado oscuro	Ácido clorhídrico
F	388	Rosado oscuro	Ácido cítrico
B	391	Rosado claro	Bicarbonato de sodio
D	526	Rosado claro	Ácido acético
I	533	Incoloro	Cloruro de sodio

G	560	Verde claro	Hidróxido de calcio
E	624	Casi incoloro	Amoniaco
K	654	Incoloro	Agua desionizada
C	723	Verde claro	Hidróxido de litio
A	789	Amarillo	Hidróxido de sodio

7.2 Si en este trabajo se logra hacer una escala de medida de acidez y basicidad, argumente ¿Cuál es la relación entre la acidez, la basicidad y la diferencia de potencial para el establecimiento de una escala de medida?

Grupo	Respuesta																				
1	La diferencia de potencial permite establecer una relación directa entre el comportamiento ácido-base y la transferencia de electrones. Las sustancias ácidas tienen valores de potencial más positivos, lo que indica su capacidad para aceptar electrones, mientras que las básicas tienen valores negativos, indicando que los ceden con facilidad. Por eso, la diferencia de potencial actúa como una especie de “escala eléctrica” que traduce la fuerza de acidez o basicidad de una sustancia en una magnitud medible, similar al pH.																				
2	Según la ecuación de Nernst que dice que cuanto más positivo se el potencial, habrá mayor acidez es decir mayor concentración H^+, por lo contrario cuando es más negativo el potencial, será más básico, o sea menor concentración de H^+. La diferencia de potencial puede ser un indicador eléctrico de pH, con esto se puede definir la escala de pH de las soluciones propuestas a partir del voltaje, lo cual nos dice directamente la actividad de iones de hidrógeno en cada solución.  <table border="1"> <caption>Datos de la Gráfica de la escala de soluciones ácidos y bases</caption> <thead> <tr> <th>Grupo</th> <th>Potencial (mV)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1</td><td>-571</td></tr> <tr><td>2</td><td>-330</td></tr> <tr><td>3</td><td>-257</td></tr> <tr><td>4</td><td>-235</td></tr> <tr><td>5</td><td>-95</td></tr> <tr><td>7</td><td>120</td></tr> <tr><td>8</td><td>220</td></tr> <tr><td>9</td><td>230</td></tr> <tr><td>10</td><td>240</td></tr> </tbody> </table>	Grupo	Potencial (mV)	1	-571	2	-330	3	-257	4	-235	5	-95	7	120	8	220	9	230	10	240
Grupo	Potencial (mV)																				
1	-571																				
2	-330																				
3	-257																				
4	-235																				
5	-95																				
7	120																				
8	220																				
9	230																				
10	240																				
3	La relación entre la medida de acidez, basicidad y la diferencia de potencial es el comportamiento de los iones H^+ y OH^- en la solución. Cada solución ya sea ácida o básica, tiene una concentración diferente de dichos iones lo que genera un potencial eléctrico específico cuando se mide con los electrodos. Entonces, al conectar dos soluciones a través del circuito se establece una diferencia de potencial a una concentración de H^+. Si nos referimos a la																				

	ecuación de Nerst el potencial depende del logaritmo de la concentración de hidrogeniones, lo que permite expresar la relación en su forma logarítmica, es decir, el pH.			
	Propiedad	Ácidos	Bases	Relación con el potencial
	Tipo de ion principal	H ⁺	OH ⁻	Cambia el signo y también cambia el valor del potencial
	Potencial medido en mV	Bajo	Alto	Es inversamente proporcional a la acidez
	Conductividad	Alta si el ácido es fuerte	Alta si la base es fuerte	Es directamente proporcional a la fuerza del electrolito
	Resultado en la escala	Valores positivos	Valores negativos	La escala es lineal acidez-basidad

7.3 ¿Cómo contribuye este taller a su formación docente para la enseñanza y aprendizaje de los fenómenos de acidez y basicidad?

Grupo	Respuesta
1	Este taller me ayudó a comprender que la enseñanza de la acidez y la basicidad puede abordarse desde un enfoque experimental y electroquímico. Entender cómo los potenciales eléctricos se relacionan con el pH permite explicar a los estudiantes que detrás de una medida de acidez hay también una reacción de intercambio de electrones. Esto me ayuda a fortalecer mi formación docente, ya que puedo conectar la teoría con la práctica de manera más didáctica y significativa.
2	Este tipo de talleres contribuye considerablemente nuestra formación como docentes, ya que al implementar este tipo de experimentos, podemos evidenciar las diferentes maneras que podemos identificar un reactivo, brindándonos una perspectiva diferente donde partimos de la problematización de cada reactivo aplicando al pensamiento crítico y deductivo ampliando las posibilidades y aplicación de la temática aprendida, evidenciando que tanta comprensión tenemos sobre el tema y no solo aplicando temáticas como basicidad y acidez sino que incluye muchos más temas que deben ser manejadas con gran habilidad en el aula. Como docentes esto reta nuestras capacidades de resolución y nos da una perspectiva más amplia de cómo podemos evolucionar los laboratorios tradicionales y darles un enfoque más independiente para nuestros estudiantes, donde ellos logren generar un pensamiento lógico y conclusiones más claras.
3	Este taller resultó ser muy valioso para nuestra formación docente ya que nos permitió conocer los conceptos no solo a nivel teórico, sino desde la dimensión experimental, histórica y conceptual. Al hacer todo el proceso, pudimos evidenciar que el conocimiento químico se desarrolla a partir de la relación entre la observación, la experimentación y la interpretación de los resultados. Desde el punto de vista pedagógico esta experiencia nos ayuda a generar estrategias de enseñanza más significativas, en las que el estudiante pase a ser el sujeto activo de su aprendizaje y así comprender y relacionar mejor los conceptos.

7.4 ¿Cómo la diferencia de potencial contribuyó a la construcción de un medidor de pH?

Grupo	Respuesta
1	La diferencia de potencial fue fundamental porque permitió cuantificar el grado de acidez o basicidad de las sustancias. Cada muestra generó un voltaje distinto según su comportamiento químico, y esas variaciones sirvieron para construir una escala que funciona como un medidor de pH. En otras palabras, se utilizó la respuesta eléctrica de cada sustancia para determinar su nivel de acidez, demostrando que la electroquímica puede aplicarse para medir el pH de manera experimental.
2	La diferencia de potencial permitió construir el medidor de pH porque el voltaje entre dos soluciones depende directamente de la concentración de iones H^+ , se ponen en contacto mediante un sistema de electrodos, se genera un voltaje (E) que depende de la actividad de estos iones.
3	La diferencia de potencial hizo posible transformar la acidez o basicidad de una solución en una magnitud cuantificable gracias a prácticas experimentales como las de Cremer y Klemensiewicz, que demostraron que el vidrio genera un voltaje dependiendo de la concentración de iones H^+ entre dos soluciones. Gracias a este aporte se entendió la relación entre el potencial eléctrico y acidez, ilustrada matemáticamente por la ecuación de Ernest. $E = E^\circ - \frac{RT}{nF} \ln[H^+]$ Lo que permitió construir electrodos de vidrio capaces de registrar esa diferencia de potencial y, por ende, convertir una propiedad química en un rasgo medible. Beckman integro todos estos conceptos a un dispositivo eléctrico que amplifica y muestra el pH en una escala numérica dando origen al medidor de pH. $pH = -\log[H^+]$

8. Describa sus opiniones con referencia a la actividad terminada, indique aspectos positivos y negativos e incluso sus dificultades, si encontró alguna.

Grupo	Respuesta
1	La práctica me pareció muy interesante porque pude relacionar el tema de acidez y basicidad con la electroquímica, algo que no siempre se conecta en clase. Me gustó ver cómo los valores de voltaje reflejan el carácter ácido o básico de las sustancias y cómo a partir de eso se puede construir un medidor de pH. Entre los aspectos positivos destaco que el experimento fue práctico y me ayudó a visualizar mejor la teoría. Como dificultad, al inicio fue complicado lograr lecturas estables del voltímetro, pero con paciencia se logró. En general, esta experiencia fue útil para mi formación docente, porque me dio una forma más dinámica y experimental de enseñar conceptos químicos que a veces se perciben abstractos.

2	En esta actividad que desarrollamos en grupo logramos evidenciar que es una gran alternativa los laboratorios donde no tenemos una guía de nuestro paso a paso, si no que nos reta a ser más lógicos y aplicar nuestros conocimientos de manera concisa y efectiva, dando pie a una verdadera experimentación.
3	• Como aspecto negativo para la realización de la prueba del experimento con el reactivo E, se nos complicó debido a que se contaminó antes, a la hora de que nosotros la usáramos no nos dio el mV esperado. • En general, la relación dada por las colorimetrías y los amperajes nos permitió hacer la clasificación de las muestras según su grado de acidez o basicidad. En el caso de las muestras J (110mA, de color rosado) H (42mA de color verde claro) y G (20mA de color verde claro) fueron bases débiles. • Con base en los datos teóricos y prácticos encontrados, respecto a las muestras I, A, B y E arrojan intensidades de corriente que no coinciden con su color, lo que sugiere un error experimental o una posible contaminación de las soluciones problema. • Fue un trabajo muy bonito y enriquecedor ser parte de estos mini proyectos ya que se usaron métodos fuera de la normativa de experimentos anteriores a este en nuestra experiencia.

Anexo 10

PERSPECTIVA FENOMENOLÓGICA E HISTÓRICO CRÍTICA PARA LA ENSEÑANZA DE LA ACIDEZ Y BASICIDAD

Texto argumentativo grupo 1

INTRODUCCIÓN

El estudio de la acidez y la basicidad es una rama vital para la química, la enseñanza en las aulas de clase a menudo se limita a la aplicación mecánica de fórmulas o al uso instrumental del pH, sin tener en cuenta el largo proceso histórico y experimental que condujo a estos conceptos. Desde una perspectiva fenomenológica e histórico-crítica, la acidez y la basicidad implica no solo describir el origen de estos fenómenos, sino también comprender los significados que los científicos les han propuesto a lo largo del tiempo, en un contexto cultural, tecnológico e intelectual, que cambia la perspectiva de estos fenómenos.

En la historia de la química, el conocimiento de las disoluciones ácidas y básicas se logró gracias al descubrimiento de la relación entre la electricidad y la materia. Experimentos como los de Faraday sobre la conductividad eléctrica y las teorías de Arrhenius y Ostwald sobre la disociación electrolítica mostraron que los ácidos liberan H^+ y las bases OH^- , y que la conductividad es una medida de esta disociación. Posteriormente, el electrodo de vidrio desarrollado por Max Cremer y los estudios de Haber, Klemensiewicz y Sörensen lograron relacionar cuantitativamente la acidez y el potencial eléctrico, definiendo el pH y el primer pH-metro. Desde la versión fenomenológica, la historia revela que el conocimiento químico se crea en la experiencia vivida con el fenómeno, observando de primera mano los cambios y otorgando un valor cuantitativo a los valores subjetivos que perciben de los fenómenos.

Desde un punto de vista pedagógico, la comprensión de esta trayectoria histórica permite a los docentes examinar los conocimientos de manera crítica y fomentar una comprensión más

profunda y reflexiva en los estudiantes. El enfoque experimental que relaciona los fenómenos de conductividad y potencial eléctrico busca asegurar que el aprendizaje comience con la observación y la experiencia, y luego progrese hacia la comprensión de conceptos más abstractos. Así, el análisis histórico-crítico de la acidez y la basicidad se convierte en una herramienta para comprender cómo se construyen los modelos científicos y cómo influyen en la evolución de las prácticas pedagógicas hacia un enfoque que integra teoría, historia y práctica

DESCRIBIR:

El tema central es la comprensión de los fenómenos de acidez y basicidad a través de una lente histórico-crítica y fenomenológica. Perspectiva Fenomenológica: Se enfoca en cómo el conocimiento químico surge de la experiencia vivida con el fenómeno; es decir, observando de primera mano los cambios y pasando de una percepción subjetiva a una valoración cuantitativa de estos fenómenos.

Perspectiva Histórico-Crítica: Implica rastrear el largo proceso que llevó a los conceptos actuales. Por ejemplo, el entendimiento de las disoluciones ácidas y básicas se logró gracias al descubrimiento de la relación entre la electricidad y la materia. Esto incluyó los experimentos de Faraday sobre conductividad y las teorías de Arrhenius y Ostwald sobre la disociación electrolítica.

COMPARAR

El enfoque propuesto se diferencia de la enseñanza tradicional que se limita a la aplicación de fórmulas o al uso instrumental del pH.

- Enfoque Tradicional: Énfasis en el resultado final (fórmulas, cálculo de pH).
- Enfoque Histórico-Crítico/Fenomenológico: Énfasis en el proceso de construcción del conocimiento. Se parece más a una investigación guiada donde el estudiante (y el docente) reconstruyen la trayectoria de las ideas, asegurando que el aprendizaje comience con la observación y la experiencia

RELACIONAR:

Este estudio se relaciona con: Conceptos de Química: Acidez, basicidad, disociación electrolítica, conductividad eléctrica y potencial eléctrico.

- Teorías Históricas: La relación entre la electricidad y la materia, las teorías de Arrhenius y Ostwald sobre la disociación, y el desarrollo del pH y del primer potenciómetro por Sørensen, entre otros, en cuanto a la Pedagogía La práctica docente, pues su fin es revisar y transformar la manera en que se enseña la química.

ANALIZAR

El enfoque funciona como una ruta experimental que conecta la historia con la práctica. Está diseñado para:

- Mostrar la Evolución: Se empieza con los fenómenos de conductividad eléctrica y potencial eléctrico para entender cómo se relacionó la electricidad con la materia.
- Conectar cuantificación y Fenómeno: Se pasa por la conceptualización de la disociación hasta llegar a la relación cuantitativa entre acidez y potencial eléctrico que definió el pH y el electrodo de vidrio.

ARGUMENTAR A FAVOR

El análisis histórico-crítico es fundamental porque Mejora la Práctica Docente:

- Permite a los docentes examinar de manera crítica sus propios conocimientos y modelos pedagógicos.

- Profundiza la Comprensión Ayudando a los estudiantes a comprender cómo se construyen los modelos científicos, promoviendo un aprendizaje más profundo y menos memorístico.
- Integra Saberes fomentando un enfoque que integra teoría, historia y práctica.

ARGUMENTAR EN CONTRA.

Este enfoque podría ser más complejo y requerir más tiempo que la enseñanza tradicional, lo que puede ser un desafío en el currículo escolar rígido. Varianza y caracterización de la colorimetría y el empleo de multimetros o voltímetros mal calibrados o corrompidos que impiden la toma de lectura de la conductividad de las soluciones problema.

APLICAR

- Utilidad: Sirve para revisar y transformar la práctica docente, haciéndola más reflexiva y experimental.
- Uso: Se utiliza implementando una ruta experimental que prioriza la observación y la experiencia (fenomenología), y que luego enmarca estos descubrimientos en su contexto histórico (histórico-crítico)

CONCLUSIONES

La contribución de un estudio histórico-crítico sobre acidez y basicidad a una perspectiva fenomenológica es que actúa como un catalizador para la transformación pedagógica. Al exponer cómo el conocimiento químico se ha construido desde la experiencia vivida (fenomenología) y a través de un largo proceso de debate y descubrimiento (histórico-crítica), el docente adquiere una visión más profunda. Esta visión le permite dejar de lado la enseñanza mecánica y adoptar un enfoque que integra teoría, historia y práctica, llevando a una revisión y mejora sustancial de su propia práctica docente. La coherencia de esta propuesta reside en que la pregunta orientadora sobre la transformación docente se responde completamente al demostrar cómo el modelo del cubo nos permite desglosar la necesidad y el mecanismo para implementar este cambio.

Texto argumentativo grupo 2

INTRODUCCIÓN

Teniendo en cuenta que en el ámbito de la química lo considerado como fenomenológico, es el estudio de fenómenos químicos. Como lo son las experiencias iniciales y las perspectivas que se tienen a simple vista de un experimento como su color, que ocurren sin necesidad de entender completamente su mecanismo subyacente. Esto implica un enfoque basado en la observación empírica y en la descripción de los estados de la materia antes de la formulación teórica (*Nexus Physics, s.f.*). Posteriormente, a partir de dichas observaciones, se desarrollan las teorías científicas. En este texto expositivo-argumentativo se abordará la pregunta: ¿Cómo contribuye un estudio histórico-crítico sobre los fenómenos de acidez y basicidad a una perspectiva fenomenológica que incida en la revisión y transformación de la propia práctica docente? Para ello, se retomarán aportes de científicos como Svante Arrhenius, Johannes Brønsted, Thomas Lowry y Gilbert N. Lewis, cuyas teorías explican la evolución del concepto de acidez y basicidad (*Khan Academy, s.f.*). Además, se relacionarán estas ideas con los resultados de dos mini proyectos de laboratorio que nos permitieron experimentar de manera directa la fenomenología de dichos fenómenos químicos.

DESCRIBIR

Un estudio histórico-crítico se considera un método de investigación que analiza textos y teorías del pasado para comprender su origen y evolución en su contexto histórico. Este enfoque implica un análisis riguroso de autores, fuentes y contextos con el fin de identificar

los cambios conceptuales que han configurado la ciencia actual (*Canal Aula de Historia*, 2023). En el caso de la acidez y la basicidad, este tipo de estudio nos permite reconocer cómo surgieron las ideas iniciales a partir de percepciones sensoriales —por ejemplo, el sabor agrio de los ácidos o la sensación jabonosa de las bases—, hasta llegar a las teorías científicas formuladas por Arrhenius, Brønsted-Lowry y Lewis.

Desde una perspectiva fenomenológica, este proceso se ejemplifica en nuestro primer laboratorio, donde trabajamos con diferentes soluciones problema sin conocer previamente su naturaleza. Al aplicar un indicador colorimétrico de extracto de bayas de saúco, observamos un cambio visible de color en cada solución al añadir cinco gotas. Estas observaciones nos permitieron distinguir entre una sustancia ácida, básica o neutra, construyendo significados a partir de la experiencia sensorial directa. Esta vivencia concreta nos llevó a comprender que el aprendizaje fenomenológico se sustenta en la observación y la interpretación del fenómeno antes que en la teoría.

COMPARAR

La perspectiva fenomenológica se diferencia del enfoque meramente teórico en que prioriza la experiencia sobre la abstracción. Mientras que el método tradicional parte de la definición conceptual de ácido o base para luego comprobarla experimentalmente, la fenomenología invierte el proceso: parte de la observación empírica para luego derivar el conocimiento teórico. En este sentido, la enseñanza basada en la experimentación sensorial favorece la comprensión profunda, porque el estudiante construye el concepto a partir de lo vivido y no solo de lo leído.

RELACIONAR

El estudio histórico-crítico y el enfoque fenomenológico se complementan dentro del proceso educativo. La historia de la ciencia nos muestra que los conceptos de acidez y basicidad se transformaron gracias a la observación de fenómenos simples: desde la efervescencia y el sabor de los ácidos hasta la capacidad de las bases para neutralizarlos. De la misma manera, en la práctica docente, ambos enfoques permiten vincular teoría y experiencia, propiciando aprendizajes significativos y críticos sobre la construcción del conocimiento científico.

ANALIZAR

El funcionamiento del enfoque fenomenológico en la enseñanza de la química se basa en el diseño de experiencias que despierten la curiosidad y promuevan la reflexión. Cuando un estudiante observa un cambio de color, burbujeo o liberación de calor, activa procesos cognitivos que lo conducen a formular hipótesis. De esta manera, el laboratorio no solo se convierte en un espacio de verificación, sino también en un escenario de descubrimiento y construcción conceptual. Así, el aprendizaje deja de ser memorístico para volverse interpretativo, dinámico y situado.

ARGUMENTAR

Estamos a favor de este tipo de prácticas de laboratorio y de los proyectos que integran la fenomenología y la historia crítica, ya que se articulan con el enfoque constructivista en la enseñanza de la química. El constructivismo propone que el aprendizaje se basa en la experimentación, la reflexión y la construcción activa del conocimiento a partir de la experiencia (*Ala-Mutka*, 2009, citado en *PMC*, 2022). Estas estrategias de aprendizaje colaborativo favorecen la resolución de problemas y promueven la autonomía del estudiante. Para la práctica docente, esto significa diseñar clases más dinámicas, en las que los futuros profesores utilicen los recursos del entorno, los fenómenos observables y los saberes previos de los alumnos, fomentando así un aprendizaje más significativo y contextualizado.

Además, estar a favor del estudio de la acidez y la basicidad desde esta perspectiva nos permite reconocer que ambos fenómenos son esenciales para comprender procesos cotidianos y que su enseñanza puede conectar la química con el día a día del estudiante.

APLICAR

Este tipo de enfoque puede aplicarse en el aula mediante la elaboración de prácticas experimentales con materiales accesibles y naturales, como indicadores vegetales, que permitan observar los fenómenos de acidez y basicidad sin recurrir a reactivos de laboratorio costosos o peligrosos. De esta manera, los estudiantes pueden relacionar lo aprendido con su entorno inmediato, fortaleciendo su comprensión científica y su sensibilidad ambiental.

CONCLUSIONES

El estudio histórico-crítico de la acidez y la basicidad, articulado con una perspectiva fenomenológica, nos permite cambiar el enfoque de la práctica docente en química. A través de la observación, la experimentación y la reflexión, en donde los estudiantes construyen conocimiento de manera activa y contextualizada. Esto no solo favorece la comprensión conceptual, sino que también promueve una enseñanza más crítica, participativa y coherente.

Texto argumentativo grupo 3

INTRODUCCIÓN

El estudio de fenómenos de ácidos y bases se lleva al laboratorio para reflejar un espacio de reflexión para la construcción de conocimientos científicos y su influencia en la enseñanza. Teniendo un punto de vista histórico-crítico podemos hablar de que la comprensión del conocimiento es una construcción colectiva basada en la experiencia, el contexto y los recursos disponibles. Con esto se quiere generar esa perspectiva de los fenómenos viviéndolos, que haya una observación directa de los fenómenos y tener una interpretación sensorial como punto de partida para una comprensión teórica o conceptual. Así poder abordar temas como la acidez y basicidad desde la parte experimental y conceptual para enriquecer mejor el conocimiento del sujeto que aprende y que el docente pueda generar conocimiento a través de la experiencia.

DESCRIBIR

El tema de la acidez y la basicidad ha sido muy necesario en la química por sus intentos o principios de clasificar las sustancias. Sus características incluyen la capacidad de las sustancias ácidas de donar protones o generar iones hidrógeno y de las bases de para aceptar protones o liberar iones hidroxilo; esto ha permitido a lo largo de la historia generar teorías como las de Arrhenius, Brønsted-Lowry y Lewis que manifiestan una progresiva ampliación y sofisticación del concepto.

COMPARAR

El estudio histórico muestra que las teorías de acidez y basicidad se desarrollan con base en las ideas, conocimientos, métodos que se usaban en el momento histórico en el que surgió. Por ejemplo, mientras que Arrhenius centraba sus explicaciones en soluciones acuosas, Brønsted-Lowry extendía el concepto al intercambio de protones y Lewis lo generaliza aún más al considerar pares de electrones. Esta comparación nos permite analizar cómo el conocimiento científico no es fijo, sino que con el tiempo cambia y se perfecciona a medida que se observa nuevos fenómenos naturales.

RELACIONAR

Los fenómenos de ácidos y bases se relacionan con múltiples teorías de científicos que históricamente quieren dar a entender el comportamiento de las sustancias en solución. Desde la teoría de Arrhenius que propuso la idea de disociación electrolítica y también los iones H^+ y OH^- , pasando por las ideas conceptuales de Brønsted-Lowry y Lewis, hasta llegar a los aportes electroquímicos de Nernst y Beckman, hay una línea de evolución del pensamiento químico que netamente une lo teórico con lo experimental. Los aspectos físicos y químicos

de la acidez y basicidad de las sustancias como por ejemplo la diferencia de potencial permite cuantificar la interacción iónica por medición de voltajes. Estas relaciones permiten rescatar la enseñanza a través de la experiencia como observar los cambios, registrarlos y compararlos, es un punto esencial del aprendizaje. Así la forma de aprender no solo se queda en fórmulas y se vuelve algo más vivencial para el que aprende y entiende lo que significa un fenómeno químico.

ANALIZAR

El análisis permitió comprender cómo la química se relaciona con la física para traducir de manera experimental procesos observables, como cuando se colocaron dos sustancias con distintas concentraciones de iones mediante un puente salino donde se genera un voltaje que refleja la energía potencial del sistema. Este suceso se sustenta por la ecuación de Nernst donde la acidez y basicidad se puede manifestar como energía. Ya con esto se espera el que el estudiante interprete el fenómeno no solo con los instrumentos de laboratorio sino con su percepción, razonamiento y una reflexión crítica de la situación. Con esto surgen preguntas, dudas y demás que en sí, dan una acumulación de respuestas por obtener, y que el componente histórico-crítico permite analizar y reconocer los avances, ya que con el tiempo será conocimiento adquirido para la persona, porque hacer eso nos obliga a conocer la historia, el contexto y la experiencia que lo hizo posible.

ARGUMENTAR

Cabe destacar que ver la historiología de los fenómenos de acidez y basicidad desde un punto crítico que se evalúa y analiza en el aula, logra ver desde otra perspectiva la enseñanza, ya que no solo nos basamos en el progreso de la concepción de estos conceptos, sino que adicional a esto, logramos evidenciar de manera práctica la aplicación de estas temáticas, donde el pensamiento crítico y nivel de análisis por parte de los estudiantes es más riguroso, generando un espectro más amplio donde no solo reconocemos las sustancias ácidas y básicas, sino que también comprendemos que las hace ácidas y básicas desde el momento cero, con diferentes características tanto físicas como químicas, y buscar patrones donde logremos estandarizar estas sustancias desde nuestra experiencia.

En puntos en contra podemos evidenciar un gran margen de error en la parte experimental, ya que, como todos los campos de las ciencias, no siempre vamos a lograr tener un ambiente controlado, por lo que lo experimental puede ser deficiente en comparación a lo teórico.

APLICAR

Cuando se problematiza el aula, logramos poner en práctica, no solo las temáticas específicas sobre acidez y basicidad, sino que también genera más procesos cognitivos como lo son la percepción y comprensión, ya que reta al estudiante a interpretar la situación problema que se le está proporcionando, donde necesita detectar que se le está pidiendo y cuáles son los elementos relevantes que requiere, necesita de un proceso de memorización, donde deberá aplicar conocimientos previos al problema propuesto, requiere de un análisis detallado para descomponer el problema planteado, y que gracias a estos componentes se logra proponer una síntesis que generará una posible explicación donde habrá un desarrollo de un pensamiento crítico que justifiquen sus decisiones y argumente su postura sobre la solución al problema, basándose en toda la investigación previa hecha por el estudiante.

Este tipo de metodología no solo ayuda a la buena comprensión del tema sobre acidez y basicidad, sino que también mejora las capacidades del estudiante para aplicar esta metodología a futuro donde su comprensión será mucho más amplia y efectiva en el ámbito académico y personal; y como maestros lograremos generar más interés en los estudiantes, donde ellos sean parte de la obtención del conocimiento, generando estudiantes curiosos con una buena relación con las ciencias experimentales.

CONCLUSIÓN

El estudio histórico-crítico y fenomenológico de sustancias ácidas y básicas permite entender que la dinámica de enriquecer el conocimiento depende de la experimentación y la relación del fenómeno, lo que se quiere es que el proceso de memoria trascienda y sea menos incluido y mejor que el conocimiento tenga una comprensión mucho más significativa. Así la práctica docente se transforma y el maestro adquiere un papel más reflexivo y mediador entre la teoría y la experiencia, es decir, infundir que los estudiantes sean observadores, analicen críticamente y que sean capaces de relacionar sus conocimientos con su entorno, enseñar química desde este punto de vista fortalece muchas capacidades como la autonomía y las ya mencionadas anteriormente