

ELEMENTOS TEÓRICOS Y METODOLÓGICOS DEL MODELO DE QUÍMICA EN
CONTEXTO PARA EL DISEÑO DE UNA SECUENCIA DIDÁCTICA
FUNDAMENTADA EN EL EQUILIBRIO QUÍMICO REDOX Y DIAGRAMAS
LOGARÍTMICOS

JOHAN SANTIAGO BERNAL SOTELO
JORGE HUMBERTO GUEVARA LONDOÑO

TRABAJO DE GRADO PARA OPTAR POR EL TÍTULO DE LICENCIADO EN
QUÍMICA

UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL
FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA
LICENCIATURA EN QUÍMICA
BOGOTÁ D.C.
2021

ELEMENTOS TEÓRICOS Y METODOLÓGICOS DEL MODELO DE QUÍMICA EN
CONTEXTO PARA EL DISEÑO DE UNA SECUENCIA DIDÁCTICA
FUNDAMENTADA EN EL EQUILIBRIO QUÍMICO REDOX Y DIAGRAMAS
LOGARÍTMICOS

JOHAN SANTIAGO BERNAL SOTELO
JORGE HUMBERTO GUEVARA LONDOÑO

DIRECTOR
MsC. DIEGO ALEXANDER BLANCO MARTINEZ

GRUPO DE INVESTIGACIÓN DIDÁCTICA Y SUS CIENCIAS

UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL
FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA
LICENCIATURA EN QUÍMICA
BOGOTÁ D.C.
2021

Notas de aceptación

Firma del jurado

Firma del jurado

DEDICATORIA

Yo, Jorge, dedico este trabajo a mis abuelos Juan José Guevara Ceballes y María de Yanira Londoño, seres eternos que ahora me acompañan espiritualmente y a quienes siempre llevaré en mi corazón, espero que en la inmensidad del cosmos les llegue este mensaje de amor y sepan que hay un excelente docente y ser humano a quien llenaron de pasión y ternura por la vida, a ellos dos infinitas gracias y la promesa incesante de esparcir amor por todo el mundo y no perder la fe en la humanidad. Nos veremos al alba de una nueva vida mis amados viejos, mi gorgojo y mi leona.

Yo, Santiago, dedico el presente trabajo de grado a mis padres Deisy Sotelo y Mario Bernal, sin ellos no hubiera podido culminar este proceso, el amor y apoyo que me brindan día a día no voy a poder compensarlo en toda mi vida, sin embargo, a ellos les ofrezco el presente trabajo de grado como respuesta a su amor, ellos son la razón por la cual me esfuerzo y son la razón de mi vida, son dos soles los que iluminan mi corazón y a ellos los llamo mamá y papá

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos al profesor Diego Alexander Blanco por su constante apoyo, tiempo, paciencia y compromiso en la presente investigación, ya que sin su orientación no habríamos podido culminar nuestro proceso, también, por siempre enaltecer el valor de nuestro trabajo y por último, por el conocimiento que nos compartió a lo largo de la formación. Al profesor Fredy Ramón Garay por enseñarnos la importancia de la labor docente, incentivarnos a repensar la química como ciencia y a ser docentes investigadores.

Yo, Jorge, agradezco a mi mamá Liliana Guevara Londoño por ser mi ejemplo de vida, por su inconmensurable bondad, por enseñarme a ver el amor que reside en todos los humanos y acompañarme a lo largo de todos estos años de formación, por secar mis lágrimas y fortalecer mi espíritu. A mi papá Edgar Robayo por apoyarme en mi formación y brindarme el amor propio de un padre, un amor a su estilo, único y especial para mí. Agradezco especialmente a Camila Chaparro por ser mi fortaleza y pilar de apoyo en todos estos años, por su cariño inefable, por brindarme su mano cuando la necesité y por enseñarme que el perdón es la muestra más grande de amor. Agradezco a toda mi familia por apoyarme y motivarme a seguir mis más anhelados sueños. A mis dos gatas Lilu y Lupita por ser mis ángeles guardianes. A mi compañero Santiago Bernal le doy gracias por ser mi mejor amigo y confidente a lo largo de la carrera, por estar para mí cuando lo necesité y por cada consejo que me otorgó, es él la persona a quién más admiro de la carrera, su transformación, resiliencia y potencial docente, son un ejemplo a seguir para mí y le estoy eternamente agradecido por brindarme su amistad. A mis amigos del colegio Johan, Miguel, Julián y Wendy; por estos 8 años de amistad, domingo a domingo me demuestran que lo más sencillo es lo que más nos llena. A Alejandra Aponte, por su incondicional amistad y su toque artístico que desentraña mi parte más creativa. A Jonathan Delgado por ayudarme a levantar en este último año y ser fuente de alegría en mi vida. Por último, a mis amigas Wendy Torres y María Fernanda Suarez quienes me han brindado sus más sabios consejos, sé que siempre cuento con ustedes y ustedes conmigo.

Yo, Santiago, deseo agradecer a Leidy Bohórquez, te agradezco por tu incondicional apoyo y cariño, por ser aquella persona que se preocupó por mí en cada momento difícil y por compartir conmigo en cada momento importante. A mis amigos deseo agradecer por acompañarme en este proceso, a Jorge Guevara por ser un amigo incondicional y un confidente en mis penas y alegrías, me alegro mucho por empezar y culminar este proceso con usted, a Camila Chaparro por ayudarme en todo lo que pudo y más, por ser mi amiga en toda la extensión de la palabra y por estar para mí cuando más lo necesitaba, por último, a María Fernanda Suarez, no necesitamos estar en constante contacto para tener una amistad real y genuina, sé que estamos el uno para el otro en cualquier momento y eso es lo más importante. La universidad fue un proceso arduo y constante, sin embargo, disfruté cada momento y eso fue gracias amigos como ustedes.

CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN.....	10
2. JUSTIFICACIÓN.....	12
3. ANTECEDENTES.....	13
4. FORMULACIÓN Y DELIMITACIÓN DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.....	18
3. OBJETIVOS.....	19
5.1. OBJETIVO GENERAL.....	19
5.2. OBJETIVO ESPECÍFICO.....	19
6. MARCO REFERENCIAL.....	20
6.1. QUÍMICA EN CONTEXTO.....	20
6.2. HABILIDADES CIENTÍFICAS.....	21
6.3. SECUENCIA DIDÁCTICA.....	22
6.4. EQUILIBRIO QUÍMICO REDOX.....	23
6.5. DIAGRAMAS LOGARÍTMICOS.....	24
7. METODOLOGÍA.....	33
7.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN.....	33
7.2. MUESTRA.....	33
7.3. INSTRUMENTOS.....	33
7.4. FASES METODOLÓGICAS.....	35
7.3.1. FASE 1: LEVANTAMIENTO DE ELEMENTOS TEÓRICOS Y METODOLÓGICOS.....	35
7.3.2. FASE 2: DESARROLLO DE LA SECUENCIA DIDÁCTICA.....	35
7.3.3. FASE 3: EVALUACIÓN DE LOS ELEMENTOS TEÓRICOS Y METODOLÓGICOS.....	38
8. ANALISIS DE RESULTADOS.....	39
8.1. IDENTIFICACIÓN DE LOS ELEMENTOS TEÓRICOS Y METODOLÓGICOS.....	39
8.2. EVALUACIÓN DE LA SECUENCIA DIDÁCTICA POR EXPERTOS.....	41
8.2.1. PERFIL PROFESIONAL DE LOS EXPERTOS.....	41
8.2.2. EVALUACIÓN DE LA SECUENCIA POR PARTE DE LOS EXPERTOS.....	42
8.2.3. EVALUACIÓN DE LA PRUEBA LIKERT.....	47
8.3. PILOTAJE DE LA SECUENCIA DIDÁCTICA.....	49

8.3.1. EVALUACIÓN CUALITATIVA Y CUANTITATIVA DE LA ACTIVIDAD 1.....	54
8.3.2. EVALUACIÓN CUALITATIVA Y CUANTITATIVA DE LA ACTIVIDAD 2.....	60
8.3.3. EVALUACIÓN CUALITATIVA Y CUANTITATIVA DE LA ACTIVIDAD 3.....	65
8.3.4. EVALUACIÓN DE LA PROMOCIÓN DE HABILIDADES CIENTÍFICAS POR PRUEBA RETEST.....	73
8.4. EVALUACIÓN DE LOS ELEMENTOS TEÓRICOS Y METODOLÓGICOS.....	78
9. CONCLUSIONES.....	87
10. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	89
11. ANEXOS.....	95

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Contextualización de los contenidos de enseñanza de la química. Recuperado de Parga & Piñeros (2018)	21
Figura 2. Actividades en una comunidad de aprendizaje bajo el modelo. Tomado y adaptado de Gräsel, C. et al. (2007).....	37
Figura 3. Elementos teóricos y metodológicos identificados para el diseño e pilotaje de la secuencia didáctica. Elaboración propia.....	40

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Síntesis de habilidades de proceso científico reportadas en la literatura reciente. Recuperado de: Reyes y García (2014)	34
Tabla 2. Perfil profesional de los expertos evaluadores. Elaboración propia.....	41
Tabla 3. Evaluación de expertos a la prueba tipo LIKERT. Elaboración propia.....	47
Tabla 4. Etapa de curiosidad y planeación de la metodología ChiK. Elaboración propia.....	49
Tabla 5. Rubrica de evaluación de la secuencia didáctica. Elaboración propia.....	51
Tabla 6. Categorización de las afirmaciones que componen la prueba LIKERT en las 5 habilidades científicas preseleccionadas. Elaboración propia.....	73
Tabla 7. Resumen de los datos estadísticos obtenidos respecto a cada habilidad científica. Elaboración propia.....	74
Tabla 8. Criterios de evaluación establecidos para cada una de las categorías establecidas en la identificación de los elementos teóricos. Elaboración propia.....	78
Tabla 9. Evaluación de los elementos teóricos y metodológicos utilizados en el diseño e pilotaje de la secuencia didáctica. Elaboración propia.....	80

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1. Ejemplo de diagrama logarítmico bajo el modelo general A/B. Elaboración propia.....	28
Gráfico 2. Ejemplo de diagrama logarítmico bajo el modelo general 2A/B. Elaboración propia.....	32
Gráfico 3. Evaluación de la secuencia didáctica por expertos. Elaboración propia.....	43
Gráfico 4. Formulación de modelos matemáticos para las especies del Cobre en equilibrio químico redox. Elaboración propia.....	55

Gráfico 5. Diagrama logarítmico para las especies del cobre en equilibrio químico. Estudiante 5.....	56
Gráfico 6. Evaluación de la construcción del diagrama logarítmico para las especies del Cobre. Elaboración propia.....	57
Gráfico 7. Evaluación cuantitativa respecto a la capacidad de análisis y argumentación de los estudiantes en la actividad 1. Elaboración propia.....	58
Gráfico 8. Evaluación cualitativa respecto al nivel de relación entre contexto y contenido disciplinar de la actividad 1. Elaboración propia.....	60
Gráfico 9. Formulación de modelos matemáticos para las especies del Plomo en equilibrio químico redox. Elaboración propia.....	61
Gráfico 10. Diagrama logarítmico para las especies del Plomo en equilibrio químico. Estudiante 4.....	62
Gráfico 11. Evaluación de la construcción del diagrama logarítmico para las especies del Plomo. Elaboración propia.....	63
Gráfico 12. Evaluación cualitativa respecto a la capacidad de análisis y argumentación de los estudiantes en la actividad 2. Elaboración propia.....	65
Gráfico 13. Formulación de modelos matemáticos para las especies del Cromo en equilibrio químico redox. Elaboración propia.....	67
Gráfico 14. Diagrama logarítmico para las especies del Cromo en equilibrio químico. Estudiante 6.....	68
Gráfico 15. Evaluación de la construcción del diagrama logarítmico para las especies del Cromo. Elaboración propia.....	69
Gráfico 16. Evaluación cuantitativa respecto a la capacidad de análisis y argumentación de los estudiantes en la actividad 3. Elaboración propia.....	71
Gráfico 17. Evaluación cualitativa respecto al nivel de relación entre contexto y contenido disciplinar de la actividad 3. Elaboración propia.....	73
Gráfico 18. Comparación de la escala LIKERT presentada por los estudiantes antes y después de aplicada la secuencia didáctica. Elaboración propia.....	76
Gráfico 19. Correlación de los datos para la habilidad científica “Organizar”. Elaboración propia.....	77

1. INTRODUCCIÓN

El equilibrio químico redox por su naturaleza compleja, supone una dificultad en su proceso de enseñanza y aprendizaje; ya que pueden existir algunas falencias respecto a los conocimientos previos y la teoría en la que se fundamenta este tema. La enseñanza tradicional generalmente aborda esta temática de manera transversal y con pocos recursos didácticos, esto genera que el proceso sea mecánico y poco reflexivo; cerrando la posibilidad de promover habilidades científicas en los estudiantes, las cuales son necesarias en cualquier tipo de formación en ciencias, ya que permiten al estudiante desenvolverse adecuadamente en los ambientes personal, académico y profesional.

Por ello la presente investigación tuvo como fin evaluar los elementos teóricos y metodológicos que se deben tener en cuenta desde la didáctica de la química para promover algunas habilidades científicas en profesores en formación inicial entre sexto y séptimo semestre de la Licenciatura en Química de la Universidad Pedagógica Nacional, que estuvieran cursando un espacio académico en donde se abordaran temas referentes al equilibrio químico redox, a través de la construcción e interpretación de los diagramas logarítmicos como estrategia didáctica y el modelo de química en contexto; ya que, como se mencionó previamente, los estudiantes, suelen presentar algunas dificultades que se deben a bases conceptuales deficientes, o directamente a la propia naturaleza del concepto en cuestión.

Esta investigación partió de la pregunta problema formulada la cual orientó y dio sentido a los intereses propios del estudio permitiendo identificar el objeto de estudio, la metodología y la estrategia didáctica; posteriormente con base en dicha pregunta se plantearon los objetivos de la investigación, los cuales se enfocan en la evaluación de los elementos teóricos y metodológicos que se incorporaron en una secuencia didáctica fundamentada en el modelo química en contexto, el equilibrio químico redox y los diagramas logarítmicos para promover habilidades científicas. Se realizó un estudio bibliográfico para la revisión de material académico relacionado con el presente trabajo, esta revisión permitió la elaboración de los antecedentes y el consecuente marco referencial, en este último se incluyeron aproximaciones conceptuales, elementos disciplinares respecto al equilibrio químico redox y los diagramas logarítmicos, y, por último, componentes metodológicos que guiaron el diseño de la secuencia didáctica.

El desarrollo metodológico se abordó desde un enfoque mixto y una ejecución concurrente (es decir, que los datos cuantitativos y cualitativos se recogieron de manera simultánea), el cual se divide en 3 fases metodológicas que comprenden la identificación de los elementos teóricos y metodológicos, el diseño y pilotaje de la secuencia didáctica y, por último, la evaluación de los elementos teóricos y metodológicos previamente identificados. Varios estudios evidencian la pertinencia que tiene la implementación del modelo Química en Contexto desde su origen en los años 80 hasta la actualidad en diferentes países en todo el mundo, otros estudios revelan que el uso de gráficos en forma de diagramas facilita la interpretación de sistemas en equilibrio químico, ya que

representan el fenómeno de una manera alternativa y donde se pueden articular otros conceptos relacionados con el tema. Los instrumentos diseñados en conjunto con la secuencia didáctica fueron sometidos a una evaluación por juicio de expertos, la cual presentaba 4 niveles de dominio y un espacio para la justificación, esta evaluación permitió realizar una validación de los instrumentos y, además, aportó varios elementos relevantes para la estructuración y diseño de los mismos. Para finalizar se realizaron las conclusiones atendiendo a los objetivos planteados y a los resultados de la presente investigación.

2. JUSTIFICACIÓN

En el contexto de la educación, particularmente en ciencias, es indispensable el desarrollo de habilidades, Reyes y García (2014) afirman que, el hecho de estudiar ciencias naturales supone que exista un ejercicio de pensamiento y razonamiento, los cuales se logran a partir de: formulación de hipótesis, inferir, predecir y obtener conclusiones como primera instancia; que según la literatura, se denominan “habilidades científicas”, las cuales brindan a los estudiantes (en este caso profesores en formación) una mejor capacidad de apropiarse de los contenidos disciplinares de ciencias en general y de la química en particular, sin embargo, en esta disciplina existen diferentes dificultades en el aprendizaje, concretamente en el tema de Equilibrio Químico Redox, Rocha et al. (2000) afirman que dichas dificultades, radican en la concepción que tienen los estudiantes de algunos conceptos relacionados con el tema en cuestión, como lo son: Ecuación Química, Reversibilidad y Estequiometría; que, en conjunto con otros conceptos describen el comportamiento a nivel molecular de un sistema, por lo cual, es pertinente buscar una alternativa para favorecer el proceso de enseñanza-aprendizaje del equilibrio químico redox. Baeza (2010) propone una alternativa matemática en forma de representación gráfica, la cual hace uso de expresiones logarítmicas linealizadas para describir el comportamiento de especies en equilibrio químico y a su vez determinar la concentración de cualquiera de las especies, principalmente en los equilibrios químicos más complejos, que necesariamente implican funciones algebraicas polinómicas de mayor grado, desde esa perspectiva en la enseñanza de la química, este modelo matemático surge como una estrategia didáctica para facilitar la comprensión del comportamiento redox de una especie.

Contemporáneamente, en el campo de la didáctica, han surgido discrepancias respecto a la articulación que existe entre ciencia y sociedad, por lo que se ha venido desarrollando el modelo de química en contexto, como una respuesta metodológica en el área de las ciencias para favorecer los procesos de enseñanza-aprendizaje desde el marco del contexto, entendido este desde diferentes perspectivas. Es por todas estas razones que es pertinente abordar la temática de Equilibrio Químico Redox, haciendo uso de diagramas logarítmicos como estrategia didáctica y la Química en Contexto como modelo didáctico; para ello fue necesario realizar una identificación de los elementos teóricos desde la química en contexto, con el fin de estructurar una investigación sólida y coherente; todos estos elementos fueron objeto de aplicación en la presente investigación, para un espacio de formación de profesores en química entre sexto (6°) y séptimo (7°) semestre del programa de Licenciatura en Química de la Universidad Pedagógica Nacional, puesto que se abordan algunos conceptos y contenidos del lenguaje matemático: diagramas, ecuaciones exponenciales y logarítmicas y polinomios; que se articulan con temáticas propias de la química analítica: equilibrio redox, balanceo de ecuaciones químicas, curvas de valoración, balance de material y electroneutralidad; entre otros.

3. ANTECEDENTES

En este apartado se realizó una revisión bibliográfica la cual se enfocó en material académico correspondiente al marco histórico y conceptual del modelo de química en contexto, el uso de representaciones gráficas para el análisis del comportamiento de especies, enseñanza y aprendizaje de equilibrio químico redox y el diseño de instrumentos de evaluación para equilibrio químico. En la revisión no se encontraron investigaciones realizadas en la Universidad Pedagógica Nacional relacionadas con el tema de interés. Además, no se encontró material académico relacionado con la enseñanza de equilibrio químico redox y el uso de diagramas logarítmicos desde el modelo de química en contexto, además, ningún trabajo vincula estos tópicos con la metodología Chemie in Kontext (ChiK).

El primer trabajo corresponde a Caamaño (2018), el cual hace una revisión bibliográfica a manera de un recorrido histórico de los currículos y los proyectos de química en contexto desde los años 80 hasta la actualidad, destacando la estructura curricular, la fundamentación, retos que presenta la enseñanza de contenidos bajo dicho modelo y los diferentes tipos de proyectos. En este trabajo se manejaron teorías del constructivismo como base emergente para la incorporación del modelo CTS y química en contexto para el desarrollo de currículos de química.

El trabajo se desarrolla a partir de una contextualización en los años 60 y 70 puesto que en estas décadas ocurre un cambio debido a la crítica que hace la corriente constructivista, esta corriente describe la importancia de los conocimientos previos de los estudiantes para el desarrollo de contenidos conceptuales, además de la interpretación de las experiencias, sin embargo, es en las décadas de los años 80 y 90 en donde se empiezan a realizar proyectos desde la perspectiva CTS y química en contexto, particularmente, Caamaño (2001) menciona dos proyectos de química en contexto para educación en estudiantes universitarios de Estados Unidos, dichos proyectos son:

- Chemistry for Changing Times, su octava edición realizada por Hill & Kolb (1999) se tradujo al español como "*Química para el nuevo milenio*". En su trabajo mencionan contenidos dedicados a la química de diferentes medios naturales como el aire, la tierra y el agua, además de dedicar contenidos para la bioquímica, los alimentos, productos del hogar, productos usados en la agricultura, la condición física y salud desde la perspectiva de la química
- The Extraordinary Chemistry of Ordinary Things, dicho trabajo fue realizado por Snyder (2003), sin embargo, su primera edición realizada en 1992, especifica que los contenidos del proyecto, se abordan desde la química en contexto, entendida como una ciencia experimental, relacionada con cosas de la vida cotidiana y su relación con la sociedad.

Contemporáneamente, se han realizado trabajos sobre química en contexto en todo el mundo, en Alemania (Universidad de Kassel), por ejemplo, se trabajan las implicaciones didácticas desde la evaluación y los cambios que se producen en los estudiantes y docentes al utilizar la química en contexto como un modelo didáctico, desarrollando un

proyecto llamado “*Chemie im kontext (ChiK)*”, parte de la metodología y unidades propuestas, se han traducido con el fin de aplicar en diversos lugares del mundo, además se han utilizado como herramienta de investigación en una comunidad de docentes en Madrid (España) y una cooperación entre la Universidad de Buenos Aires (Argentina) y la Universidad de Kassel (Alemania) (Di, Fuccia y Sánchez Díaz, 2015, 2016). Caamaño como investigador en el campo de la Química en contexto, ofrece una gran cantidad de trabajos, en los cuales describe la relevancia del modelo en educación, además de plantear los grandes beneficios que ha tenido desde su surgimiento y aplicación en diferentes lugares del mundo, su evolución y desarrollo en la historia; si bien, la química en contexto es un modelo didáctica con aproximadamente 50 años, la misma ha tenido modificaciones y adaptaciones para los diferentes proyectos e investigaciones, lo cual lo hace un modelo dinámico y aplicable para múltiples objetivos en educación.

Aliberas, Izquierdo & Guitart (2018) realizaron 9 unidades didácticas en química sustentadas bajo el modelo de contexto para desarrollar habilidades científicas en estudiantes de la escuela superior obligatoria (ESO) de los cursos 12-15 (3 unidades por curso), todo esto desde el marco del proyecto “competencias científicas en la ESO”, que buscaba a través del departamento de enseñanza de la Universidad de Barcelona, realizar una guía acerca del desarrollo de currículos en ciencias desde dos componentes didácticos: la enseñanza bajo el contexto y la modelación de elementos teóricos propios de las disciplinas abordadas (Química, Física); incluyendo además, el desarrollo de competencias científicas en los estudiantes, con el fin de integrar todo lo referente a sus conocimientos en ciencias con el “saber ser”. En este trabajo los autores hacen énfasis en que la definición de contexto es polisémica y por ello aluden a la implicación de contexto en sus unidades desde la inclusión de situaciones de la vida no académicas, que buscan entrelazar conocimientos previos con los abordados en las unidades didácticas, en una red de conocimiento multidisciplinar que sea una base para el aprendizaje de nuevos conceptos.

Los autores destacan que las 9 unidades didácticas están estrictamente relacionadas y la temática en general es el estudio de lo que “nos rodea”, pasando por el estudio de “cambios” y lo que provocan, para finalmente estudiar una “gestión de los cambios” desde el intercambio de energía en forma de trabajo o de calor. En este trabajo los autores llegan a varias conclusiones, una de ellas es que el contexto es multidimensional, es decir, que se enmarca desde la perspectiva de trabajo, por ejemplo: el contexto didáctico en el que se realizó el estudio o el contexto abordado en una de las unidades didácticas. Por otro lado, plantean que el contexto permite: modelizar, comprender y actuar; y que, en el ejercicio de la ejemplificación, surge necesariamente la modelación, elemento didáctico indispensable en el desarrollo de estas unidades didácticas. Sostienen, además, que el contexto es de una manera u otra, una forma de converger las disciplinas mediante las que se estudia el mundo y reunir una visión general de las mismas, sin necesidad de delimitar un tema a una única disciplina, de esta manera los temas se vuelven más “amigables”. Finalmente resaltan que cada contexto ejerce una función y que son estos los que generan problemas que pueden pasar del estudio de lo sencillo a lo abstracto, generando en ese proceso conocimientos cada vez más elaborados; sin

embargo, no todos los contextos pueden ser abordados multidisciplinariamente y es esta característica la que les da a algunos contextos un fin particular en una única disciplina. Este estudio permite reconocer el aporte pedagógico del modelo didáctico de química en contexto, desde el desarrollo de unidades didácticas y, además, identificar que la química en contexto no solo implica el desarrollo de habilidades científicas en los estudiantes, sino que, además, permite darle un enfoque multidisciplinar al desarrollo de unidades y secuencias didácticas en química y generar un ambiente educativo para los ejercicios de modelización de los contextos objeto de estudio.

Albarrán (2008) presenta 10 temas relacionados con las reacciones químicas redox: espontaneidad de un fenómeno, potencial gravitacional, potencial eléctrico, oxidación y reducción, lectura de reacciones químicas, potencial redox, celdas de Cu/Zn, procedimiento de análisis redox, celdas de combustión de H_2/O_2 y por último, Celdas de Al/Zn en medio alcalino; en donde analizan y describen las principales falencias que presentan los estudiantes al momento de abordar estos temas en clases que tienen que ver con corrosión y/o electroquímica. En lo que a reacciones de óxido-reducción refiere, el autor menciona que los estudiantes tienden a confundir los fenómenos de reducción y oxidación entre sí, por lo cual es imprescindible brindar una buena base conceptual de estos dos términos, para ello recomienda el uso de nemotecnias a partir de la definición de “valencia” desde una perspectiva de la recta numérica, en donde, una especie que ve disminuida numéricamente su valencia, se reduce, por el contrario, la especie que aumenta su valor numérico de valencia se oxida. Para ejemplificar el fenómeno, el autor presenta varias semirreacciones a manera de representación de la transferencia de electrones de una especie a otra y como estas implican el cambio de estado de oxidación de algunos elementos. Otro error conceptual se presenta en la lectura de las ecuaciones químicas, pues según el autor, debido a que en la escuela secundaria se les enseña a los estudiantes que las reacciones químicas únicamente se dan en un sentido, los estudiantes tienden a confundir el término “produce” que se simboliza con una flecha hacia la derecha, la cual generalmente se malinterpreta y cuando se aborda el término “equilibrio” simbolizado con una flecha de doble sentido, los estudiantes no interpretan correctamente el fenómeno, lo cual produce problemas en el análisis conceptual y matemático; sin embargo, es importante aclarar que todas las reacciones químicas tienden al equilibrio, sean condicionadas por una constante de equilibrio baja o por una constante elevada que indica que la reacción esta tensionada a la formación de productos. A manera de conclusión, el autor presenta cuatro deficiencias que poseen los estudiantes en el análisis de reacciones redox: (1) No saben leer ecuaciones químicas, (2) confunden los conceptos de oxidación y reducción, (3) desconocen el concepto de potencial redox y (4) desconocen el concepto de espontaneidad. El aporte principal de este estudio es la identificación de algunas falencias que tienden a presentar los estudiantes que cursan un espacio académico de educación superior en el que se abordan temáticas relacionadas con reacciones químicas redox, además, brinda algunas sugerencias didácticas para abordar este tipo de reacciones a partir del estudio de la lectura de reacciones químicas, eléctrico y redox.

Freiser & Quintus (1965) realizaron una propuesta educativa en torno a la enseñanza de equilibrio químico iónico, abordándolo desde el uso de diagramas logarítmicos. En este trabajo los autores hacen énfasis en que el buen uso de los diagramas logarítmicos, puede llevar a que los estudiantes resuelvan problemas propios de cualquier equilibrio químico con mayor facilidad, así pues, desde una perspectiva gráfica, los estudiantes comprenden mejor el fenómeno del equilibrio en comparación con los cálculos tradicionales en donde se utilizan ecuaciones hasta de cuarto y quinto grado que no esclarecen intuitivamente el fenómeno de variación de la concentración. El trabajo se basa en varios estudios llevados a cabo en estudiantes de último año de la escuela secundaria, que demostraron tener la capacidad de resolver problemas de alta complejidad, que solo podrían resolver estudiantes más avanzados en términos académicos.

Los autores buscan presentar una metodología para abordar la enseñanza de equilibrio químico, la cual consiste inicialmente en estudiar la teoría relacionada con el equilibrio químico estudiado, para después pasar al estudio de especies monopróticas y polipróticas; posteriormente, se debería abordar la relación entre α y pH; para finalmente a partir de las ecuaciones de equilibrio planteadas, elaborar la gráfica $-\log(\alpha)$ vs pH en donde se busca linealizar el comportamiento de α respecto al pH utilizando la expresión matemática logaritmo, ya que el pH tiene un comportamiento de este tipo. Además, en este artículo se presenta el término “Equiligraph” o “Equiligráfico” traducido al español, dicho término hace referencia a la gráfica de: $-\log(C)$ vs pH, que es una superposición de la gráfica: $-\log(\alpha)$ vs pH. La gráfica se construye partiendo de la concentración de protones $[H^+]$, que se define desde la ecuación $pH_{[H^+]} = -\log[H^+]$ y está estrictamente relacionada con el α y con las especies implicadas en el equilibrio químico, generalmente se realiza una segunda función, correspondiente a la concentración de $[OH^-]$, y relacionada con la ecuación: $pH_{[OH^-]} = -\log[OH^-]$; una vez realizada esta gráfica se pueden abstraer valores de concentración de las especies implicadas en el equilibrio químico desde un análisis gráfico relativamente sencillo. Por otro lado, se resalta la importancia de plantear y estudiar la ecuación de balance de protones (PBE), que permite entre otras cosas, determinar el pH de una solución en equilibrio y hacer un balance entre la concentración de las especies que ceden H^+ , y de las que los aceptan. Por último, se presentan tres ejemplos de PBE y la manera matemática de plantear este tipo de balances. Este estudio aportó a la presente investigación una forma de llevar a cabo el proceso de enseñanza de equilibrios químicos en general, partiendo de una descripción gráfica a una analítica, basada en la superposición de gráficas para estudiar los equilibrios en términos de concentración y de pH, brinda, además, una descripción matemática generalizada para cualquier caso de equilibrio.

Bernal & Ladino (2019) realizan un trabajo de investigación con base en el diseño de instrumentos de evaluación para el equilibrio químico en estudiantes del Colegio Mayor de San Bartolomé en Bogotá (Colombia), para lo cual la población objetivo de dicha investigación fueron 130 estudiantes de 4 cursos diferentes, la muestra estuvo

conformada por 33 estudiantes de un mismo curso y de ambos sexos. En dicha investigación se utilizaron instrumentos validados bajo 3 elementos los cuales son: (1) Contexto, (2) Experiencia, Reflexión y Acción y (3) los instrumentos de Evaluación; los autores resaltan en primera instancia, la importancia de los sentimientos que presentan los estudiantes al desarrollar un “examen”, puesto que, con los mismos se hace una certificación de conocimientos, por lo que, se tergiversa la idea de evaluación como proceso de formación, por ende, esta idea de “evaluación” puede generar estrés en el estudiante al no encontrarse preparado para ella, encontrarlas inútiles e innecesarias o directamente arbitrarias, además los autores mencionan las acciones y decisiones que toman los estudiantes a la hora de recibir sus evaluaciones corregidas, por lo cual, la gran mayoría recibió de forma negativa, puesto que, los estudiantes no la reciben como un momento de aprendizaje sino como una actividad estresante, por consiguiente, el ejercicio de evaluación y la responsabilidad del mismo recae sobre el docente, dicha recepción, según describen los autores es comprensible por el paradigma en el que están inmersos, por lo que se propone, una evaluación de alta calidad con la retroalimentación adecuada para que los estudiantes se encuentren interesados en el material y en los contenidos disciplinares, con ello, los estudiantes pueden desarrollar bases conceptuales en el marco del equilibrio químico.

Concretamente respecto al equilibrio químico como eje temático y de contenidos, los autores desarrollan una pauta de trabajo concebida bajo el marco del paradigma pedagógico ignaciano, donde se dedicaron 2 sesiones de 90 minutos fundamentadas bajo una revisión bibliográfica de libros de texto relacionados con contenidos de equilibrio químico. El desarrollo evaluativo tiene como primera instancia identificar los conceptos erróneos y superarlos, con ello, los estudiantes pueden desarrollar y construir conceptos relacionados con el equilibrio químico. Los autores concluyen que efectivamente se puede estimular el aprendizaje y al mismo tiempo evaluar los conceptos relacionados con equilibrio químico, el cual es un tema considerado “muy complicado” para el aprendizaje. El trabajo evidencia la solidez conceptual y metodológica, que tiene el contexto para contenidos disciplinares en química, como lo pueden ser el equilibrio químico, además de la importancia que tiene la evaluación en el desarrollo de procesos educativos, puesto que, la recepción de los estudiantes hacia la misma puede afectar el proceso de enseñanza-aprendizaje, así pues, se debe realizar un ejercicio mancomunado entre los contenidos disciplinares (para el trabajo, equilibrio químico) y los contenidos pedagógicos y didácticos, para lograr un mejor proceso educativo.

4. FORMULACIÓN Y DELIMITACIÓN DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

En la enseñanza de la química analítica a nivel universitario, se abordan temáticas y conceptos que, por su naturaleza compleja, son difíciles de enseñar, Huertas e Irazoque (2009) afirman que:

el equilibrio químico es un concepto abstracto y complejo de interpretar, que requiere de una terminología específica, tiene gran demanda de prerrequisitos conceptuales y un alto grado de enlace con conceptos que tampoco son sencillos de enseñar, como es el de reacción química, por ejemplo (p. 2647)

Dado que la enseñanza es un proceso mancomunado con el aprendizaje, los estudiantes suelen presentar dificultades al momento de abordar contenidos en torno al tema de equilibrio químico redox, no solo por la complejidad del mismo, sino también, por las pocas estrategias didácticas que hay para facilitar su comprensión, por otra parte, debido a que la carga de conceptos que los estudiantes necesitan para abordar el tema es muy alta, tienden a llegar al curso de química analítica con falencias conceptuales y por ende, afectar el proceso de enseñanza-aprendizaje negativamente; es por ello que, surge la necesidad de abordar el tema desde una propuesta didáctica que incluya alternativas metodológicas y herramientas didácticas apartadas de la enseñanza tradicional.

Padilla (2017) menciona que, algunos de las problemáticas y debates en investigación educativa, particularmente en profesores de ciencias, giran en torno a la falta de promoción de habilidades científicas, puesto que tanto a nivel social como profesional, según la autora, dichas habilidades, *“les permitirá tener un carácter un tanto autónomo en diversos aprendizajes de tópicos científicos, además de tener la capacidad de resolver problemas complejos en su vida diaria”*, esto resulta en que la promoción de habilidades científicas sea una necesidad para hacer ciencia y no solo consumirla.

En ese sentido, la pregunta de investigación que orientó este proyecto es:

¿Cuáles son elementos teóricos y metodológicos del modelo de Química en contexto que se deben incorporar en una secuencia didáctica fundamentada en el equilibrio químico redox y en los diagramas logarítmicos para promover algunas habilidades científicas en un grupo de profesores en formación inicial?

5. OBJETIVOS

5.1. OBJETIVO GENERAL

Evaluar los elementos teóricos y metodológicos del modelo de Química en contexto que se deben incorporar en una secuencia didáctica fundamentada en el equilibrio químico redox y en los diagramas logarítmicos para promover algunas habilidades científicas de un grupo de profesores en formación inicial.

5.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Identificar los elementos teóricos y metodológicos que se deben incorporar en una secuencia didáctica fundamentada en el modelo de Química en contexto para promover algunas habilidades científicas en un grupo de profesores en formación inicial.

Diseñar una secuencia didáctica basada en el modelo de Química en contexto para promover algunas habilidades científicas en el tema de equilibrio químico redox.

Analizar los elementos teóricos y metodológicos incorporados en la secuencia para promover algunas habilidades científicas en un grupo de profesores en formación inicial.

6. MARCO REFERENCIAL

6.1. QUÍMICA EN CONTEXTO

La enseñanza de las ciencias y de la química en particular, están en perpetuo cambio con el fin de mejorar la didáctica de su objeto de estudio, en dicho proceso se han venido incorporando algunos conceptos y entramados conceptuales, entre los que destacan las llamadas “habilidades científicas” Según Caamaño (2011) desarrollar habilidades científicas implica aprender a desarrollar, evaluar y revisar lo referente a modelos, explicaciones y teorías, lo que para Gómez (2006) es el “oficio de hacer ciencia”, a partir de dichas acciones surge la necesidad de hablar de ciencia en términos sociales, históricos y específicos, es de allí de donde sale la idea de enseñar contextualizadamente. Diaz Barriga (2003), menciona que la enseñanza contextualizada se enfatiza en la naturaleza del conocimiento, entendida como una construcción social donde se aprende por medio de la interacción con otras personas en situaciones genuinas, mediante actividades supeditadas por contextos sociales, culturales y étnicos que le dan significado a dicho conocimiento.

Otros autores, presentan la idea de enseñanza contextualizada desde un conocimiento “situado”, como Meroni & otros (2015), que describen la importancia social de la construcción de conocimiento científico y el paradigma, estrechamente relacionado con el enfoque sociocultural mencionado por Vygotsky, plantean que el conocimiento es parte y resultado de la actividad del contexto en el que es desarrollado y el contexto en el que se utiliza, por ende, el conocimiento es “situado”, se destaca la importancia de la mediación y el consenso para la construcción mancomunada de significados y los mecanismos de ayuda ajustada. Lo anterior, supone un reto para los docentes en el hecho de mejorar y facilitar el desarrollo del conocimiento y de habilidades científicas bajo estas condiciones. (Meroni & otros, 2015)

Sin embargo, desde su definición la palabra contexto es polisémica, por lo cual implica varios significados, bajo esa premisa, Caamaño (2018) propone el contexto desde: química cotidiana, las aplicaciones de la química en los diferentes campos de la actividad humana, las relaciones química-sociedad, el medio ambiente y la sostenibilidad, y la naturaleza, filosofía e historia de la química. Por otra parte, existen los contextos en química como disciplina específica y es allí donde Gilbert, J. K. (2006) propone 4 modelos de “contexto” implicados en el rediseño de los cursos de química en Alemania, entre ellos se encuentran: contexto como una aplicación directa de conceptos, contexto como reciprocidad entre conceptos y aplicaciones, contexto proporcionado por la actividad mental personal y, por último, el contexto como circunstancias sociales. Así pues, la química en contexto enfatiza la relación que existe entre los contenidos disciplinares, con la vida cotidiana y los aspectos sociales, con ello, se promueve una comprensión de las ciencias como un constructo humano y mancomunado con otras personas en un proceso de alfabetización científica (Jiménez-Liso y De Manuel, 2009).

A partir de los conceptos planteados por los diferentes autores, se denota la estrecha relación que tienen las habilidades científicas y el contexto desde sus diferentes modelos, por lo que, la química en contexto es un modelo didáctico con el cual se propicia la promoción de habilidades científicas haciendo uso de una articulación entre la química y sus contenidos disciplinares, con la dimensión social del individuo en cuestión.

En este trabajo se abordó el contexto a partir del contenido presentado en la *Figura 1*. según lo propuesto por Parga & Piñeros (2018), los cuales se enmarcan y relacionan en 3 dimensiones: cotidiana, disciplinar y metadisciplinar:

Figura 1. Contextualización de los contenidos de enseñanza de la química. Recuperado de: Parga & Piñeros (2018).



Con base en la *Figura 1*. este estudio se enfocó en la relación entre la contextualización disciplinar y la metadisciplinar; la contextualización cotidiana, se abordó de manera transversal.

6.2. HABILIDADES CIENTÍFICAS

Como concepto de las habilidades, se abre una perspectiva desde el punto de vista pedagógico y psicológico desde un ejercicio mancomunado entre estas disciplinas, *“Desde el punto de vista psicológico hablamos de las acciones y operaciones, y desde una concepción pedagógica, el cómo dirigir el proceso de asimilación de esas acciones y operaciones.”* (Muñoz y Charro, 2017). En términos de “acción”, las habilidades poseen operaciones concretas descompuestas en diferentes tipos tanto de lógicas y secuencias,

que se logran cuando el individuo actúa, por ende, las habilidades y sus operaciones, se integran a partir de la actuación de cada estudiante (Cañedo Iglesias, 2008).

Reyes y García (2014) afirman que, el hecho de estudiar ciencias naturales supone que exista un ejercicio de pensamiento y razonamiento, los cuales se encuentran enmarcados bajo un grupo de habilidades como la formulación de hipótesis, inferir, predecir y obtener conclusiones como primera instancia; sin embargo, el docente encargado debe tener conocimientos extensos en los contenidos en los cuales están inmersas las habilidades científicas, como de las habilidades científicas en sí mismas, además de adaptarlos a diferentes contextos con el fin de desarrollar y/o potenciar habilidades científicas en los estudiantes (Muñoz y Charro, 2017).

Concretamente, según la literatura científica respecto a habilidades científicas, Álvarez de Zayas, (1996) afirma que

Las habilidades son estructuras psicológicas del pensamiento que permiten asimilar, conservar, utilizar y exponer los conocimientos. Se forman y desarrollan a través de la ejercitación de las acciones mentales y se convierten en modos de actuación que dan solución a tareas teóricas y prácticas. El proceso de formación de las habilidades consiste en apropiarse de la estructura del objeto y convertirlo en un modo de actuar, en un método para el estudio del objeto. (p 61)

Las habilidades científicas, como describen los autores, son un medio por el cual se realiza un ejercicio de reflexión y raciocinio, por lo cual, un sujeto que decida formarse en una ciencia natural, debe desarrollar dichas habilidades, sin embargo, el hecho de potenciar las habilidades científicas se propicia en un ambiente académico, por lo que, el docente es uno de los responsables de que ese ejercicio sea propicio para los diferentes contenidos en ciencias naturales en general y de Química como ciencia particular.

6.3. SECUENCIA DIDÁCTICA

La secuencia didáctica, como describen Obaya & Ponce (2007) se considera un modelo alternativo para la enseñanza en términos de concretar decisiones y opciones para la planificación educativa como sus finalidades, proyectos curriculares, entre otros; sin embargo, los autores describen la secuencia didáctica como una propuesta flexible al contexto en el cual se encuentra inmersa, puesto que, de ello depende la estructuración de la misma, las metas del aprendizaje, la participación del docente y los estudiantes, además de los contenidos disciplinares de la asignatura.

Obaya & Ponce (2007) proponen una estructura para la construcción y desarrollo de una secuencia didáctica para la enseñanza-aprendizaje en el área de la química y la biología, la estructura de la secuencia es la siguiente:

- Justificación de la secuencia didáctica: En este ítem se abordan las razones por las cuales el proyecto es pertinente llevar a cabo.

- Información: Este ítem hace referencia a los datos de interés, tanto humanos como del tema a trabajar en la secuencia.
- Articulación: El ítem corresponde a la correlación que se debe hacer entre el nivel de profundidad, la organización de ideas e intereses de los estudiantes y la planificación en cuanto a las actividades a desarrollar del tema.
- Recursos: En este ítem el interés se centra en describir aquellos materiales que se tienen y se pueden utilizar en la secuencia.
- Investigación: Para este ítem se debe considerar la investigación como herramienta para generar nuevos conocimientos y/o ampliarlos haciendo uso del contexto para orientar el proceso de enseñanza-aprendizaje.
- Adecuación: Con este ítem se pretenden realizar algunas modificaciones con el fin de validar y que la secuencia sea pertinente para el contexto en el cual se está trabajando, esto se hace a partir de observaciones en las dificultades que se puedan presentar en el momento del desarrollo de actividades.
- Evaluación: Como ítem final se busca realizar un análisis del proceso desarrollado bajo ciertas preguntas como: ¿Qué se va a evaluar? ¿Para qué se va a evaluar? y ¿Cómo qué se va a evaluar?

Los autores enmarcan la secuencia didáctica como un modelo para planear y desarrollar un espacio de aprendizaje, en la cual, se debe tener una estructura clara y jerárquica, con ello se logra un proceso de enseñanza-aprendizaje coherente y adecuado al contexto, particularmente en química, es pertinente realizar adecuaciones en las secuencias didácticas ya que, factores tanto internos como externos pueden afectar el proceso de enseñanza-aprendizaje.

6.4. EQUILIBRIO QUÍMICO REDOX

El equilibrio químico redox se explica partiendo del fenómeno de óxido-reducción, que implica la transferencia de electrones entre especies químicas (átomos, iones o moléculas), así pues, la oxidación es el proceso en que un ion, átomo o molécula cede electrones; la reducción es el proceso contrario, en el que una especie acepta esos electrones. Aunque los procesos son codependientes y no se dan en procesos aislados, su estudio si, por ello como consenso general se abordan desde semirreacciones. Según Harvey (2000) la mayoría de reacciones químicas redox se estudia desde la corriente eléctrica, pues en el proceso tanto de oxidación como de reducción se presenta diferencia de potencial, es por ello que no siempre se expresan las reacciones químicas redox mediante una constante de equilibrio. Sin embargo, hay maneras de incluir la constante en cálculos relacionados con la corriente eléctrica, según Ayres (1970):

La constante de equilibrio de una reacción redox, puede calcularse a partir de los valores de E^0 de las dos semirreacciones y la concentración de la sustancia que permanece sin reaccionar en el equilibrio, puede calcularse a partir de la constante (p. 383)

Una manera en particular de abordar el equilibrio químico redox es mediante la FEM (fuerza electromotriz) de una celda galvánica o electrolítica en general, conformada por electrodos sencillos que actúan como pares redox, este tipo de reacciones tienden a continuar hasta que se da un equilibrio entre un metal y sus iones, del cual se puede obtener una medida de potencial eléctrico (E^0) por medio de un voltímetro. Por otra parte, la ecuación de Nernst formulada en 1889, permite determinar la concentración de una especie involucrada en un equilibrio químico redox, partiendo del potencial eléctrico que allí se da, la constante de Faraday, la constante R y las concentraciones molares de las formas reducida y oxidada de un sistema en equilibrio químico redox, según Fagundo Castillo et al. (2005) la fortaleza del par redox se mide por el potencial de oxidación-reducción o potencial redox y es a partir de esta ecuación, que también se puede deducir la proporción de iones presentes en disolución en forma de uno u otro de los estados de oxidación-reducción.

Abordar estos conceptos en un espacio académico enfocado en química analítica, es una tarea ardua, ya que los estudiantes generalmente presentan falencias conceptuales, por ello, surgen varias propuestas didácticas enfocadas a la enseñanza de equilibrio químico redox, aunque varios autores proponen desde el laboratorio, otros les apuestan a los métodos gráficos como una herramienta óptima para la enseñanza de este tema en particular.

6.5. DIAGRAMAS LOGARÍTMICOS

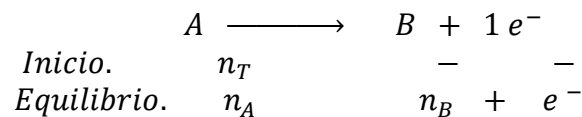
El uso de gráficos en el estudio de cualquier fenómeno, brinda la posibilidad de dar una mirada más profunda al comportamiento del mismo, en equilibrio químico según Freiser & Quintus (1965) el uso de métodos gráficos trae el problema significado de varios términos en expresiones complicadas a expresiones más sencillas desde un enfoque adecuado. Además, una representación pictórica le permite al estudiante dar un vistazo de cómo las concentraciones de varias especies en un sistema en equilibrio cambian en diferentes condiciones.

En el estudio de equilibrio químico redox, algunos autores proponen el uso de un modelo de linealización basado en expresiones algebraicas derivadas de las concentraciones molares en función de otras especies en equilibrio químico. Según Baeza (2010) de manera análoga a los diagramas logarítmicos ácido-base, el modelo termodinámico de los electrones solvatados permite obtener ecuaciones de $\log[\text{Ox}]$ y $\log[\text{Red}]$ en función de C_T (Concentración molar total), K_{eq} (constante de equilibrio) y p_e (potencial eléctrico); lo que permite deducir que este tipo de estudios, según el autor: *“se logra por medio de los balances de masa respectivos y de las expresiones de las constantes de equilibrio correspondientes para encontrar una ecuación que relacione la concentración molar*

efectiva de la especie en función de otra.”, el uso de los gráficos logarítmicos es pertinente ya que las variaciones de concentración presentan órdenes exponenciales, por ello, el uso del logaritmo natural o vulgar, permite linealizar esos órdenes para un estudio más detallado. Además, en los equilibrios químicos, llega un momento en el que se da un valor límite en el cual una especie química predomina sobre la otra y por ello, las funciones que reflejan ese comportamiento adquieren una tendencia de recta “Se observa que esto ocurre en un intervalo de $(1.5/n)$ unidades alrededor del (pKd/n) . Esto representa aproximadamente una diferencia de 30 veces de una especie predominando con respecto a la otra.”

A continuación, se presenta una propuesta de elaboración propia de un modelo sistemático para la construcción de un diagrama logarítmico sencillo de dos especies en equilibrio químico redox, cuya relación entre su par redox es de 1-1, con sus correspondientes modelos matemáticos:

a) Formular el equilibrio



b) Plantear la Kd (constante de equilibrio):

$$Kd = \frac{n_B * [e^-]}{n_A} = 10^{-pkd} \quad (1)$$

c) Balance de masas:

$$n_T = n_A + n_B \quad (2)$$

d) Balance de especies:

- Para A: Despejando n_A de (1) y reemplazando en (2)

$$n_T = n_A + n_B$$

$$n_T = n_A + \frac{n_A * Kd}{[e^-]}$$

$$n_T = n_A * \left(1 + \frac{Kd}{[e^-]}\right)$$

$$n_A = \frac{n_T}{\left(1 + \frac{Kd}{[e^-]}\right)} \quad (3)$$

- Para B: Despejando n_B de (1) y reemplazando en (2)

$$n_T = n_A + n_B$$

$$n_T = \frac{n_B * [e^-]}{Kd} + n_B$$

$$n_T = n_B * \left(1 + \frac{[e^-]}{Kd}\right)$$

$$n_B = \frac{n_T}{\left(1 + \frac{[e^-]}{Kd}\right)} \quad (4)$$

e) Aplicar la función $\log(x)$ a las ecuaciones (3) y (4); y despejar:

- Para A:

$$\log n_A = \log \frac{n_T}{\left(1 + \frac{Kd}{[e^-]}\right)}$$

$$\log n_A = \log n_T - \log \left[1 + \frac{Kd}{[e^-]} \right] \quad (5)$$

- Para B:

$$\log n_B = \log \frac{n_T}{\left(1 + \frac{[e^-]}{Kd} \right)}$$

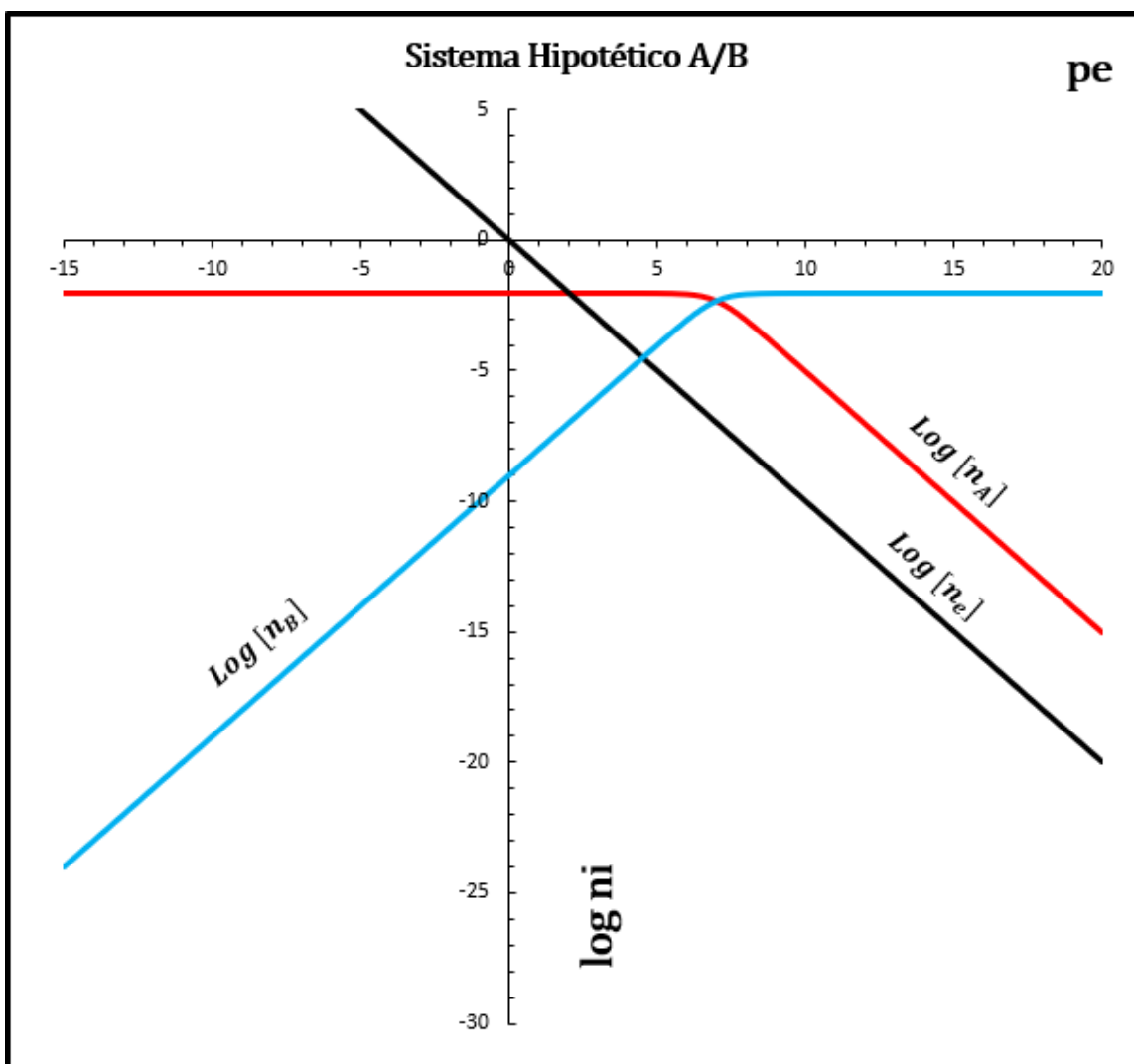
$$\log n_B = \log n_T - \log \left[1 + \frac{[e^-]}{Kd} \right] \quad (6)$$

Ya con las ecuaciones (6) y (7) se grafica partiendo de las moles totales, la Kd que determina el comportamiento del diagrama (constante conocida) y la $[e^-]$ que se puede despejar de la expresión:

$$[e^-] = 10^{-pe} \quad (7)$$

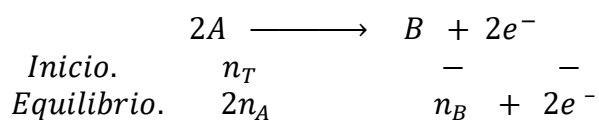
Para elaborar el gráfico, en el eje x se dispone la variable $\log[pe]$ (graduada de 0,5 en 0,5 para evidenciar el comportamiento del sistema) y en el eje y se dispone la variable $\log[n_i]$ (en función de cada especie). Para dar un ejemplo de este hipotético sistema, a continuación, se presenta un ejemplo para $n_T = 0,01$ y $pKd = 7$

Gráfico 1. Ejemplo de diagrama logarítmico bajo el modelo general A/B. Elaboración propia.



Existen casos en los que las expresiones (3) y (4) no pueden despejarse con una simple factorización y despeje, pues al haber un coeficiente estequiométrico >1 en alguna de las especies (reactivos o productos) implicadas en las semirreacciones químicas, las variables n_A y n_B adquieren una potencia en función de dicho coeficiente, lo que imposibilita el despeje por factorización, a continuación, un ejemplo:

a) Formular el equilibrio



b) Plantear la Kd (constante de equilibrio):

$$Kd = \frac{n_B * [e^-]^2}{n_A^2} = 10^{-pKd} \quad (8)$$

c) Balance de masas:

$$n_T = 2n_A + n_B \quad (9)$$

d) En donde el balance de especies resultaría:

$$n_T = 2n_A + \frac{n_A^2 * Kd}{[e^-]^2} \quad (10)$$

$$n_T = \frac{n_B^{1/2} * [e^-]}{Kd^{1/2}} + n_B \quad (11)$$

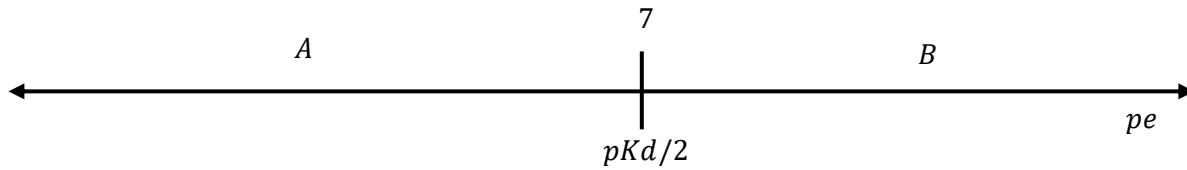
Ya que las ecuaciones (8) y (9) poseen exponentes >1 y <1 respectivamente, la factorización para el despeje de n_A y n_B no es viable, por ello, la solución se reduce a un sistema de ecuaciones demasiado complejo, lo cual es poco práctico para el estudio de este tipo de sistemas en equilibrio químico. Sin embargo, existe otra forma de estudiar este tipo de sistemas y es desde la construcción de un diagrama logarítmico por zonas de predominio, en donde se analizan las zonas en las que “predomina” cada especie haciendo una hipótesis de que en dichas zonas la especie que predomina $n_i = n_T$ y que las demás especies se pueden hallar despejándolas de la expresión de la Kd , siguiendo los pasos a) – c) propuestos anteriormente, a continuación, un ejemplo para la construcción de un diagrama por zonas de predominio para el sistema 2-1 planteado:

e) Hallar los puntos de inflexión:

Suponiendo un $pKd_1 = 14$

$$\frac{pKd_n}{e^-_{cedidos}} = \frac{pKd_1}{2} = \frac{14}{2} = 7$$

Para entender mejor que especies predominan lo mejor es realizar un gráfico unidimensional de zonas de predominio:



En ese sentido cuando $pe < 7$ la especie A será la que se comporte linealmente y por ende predomine sobre la especie B, mientras que, cuando $pe > 7$ la especie que predominará será la B, por lo que se asume que tendrá un comportamiento lineal. Desde esas afirmaciones se pueden hacer las siguientes suposiciones:

f) Obtener las expresiones para n_i en los intervalos correspondientes:

Para el intervalo $pe \ll pKd_2/2 = 7$, se cumple que:

$$n_T = 2n_A + n_B \approx n_A$$

i. Para n_A

$$\log n_T = \log 2 + \log n_A \quad (12)$$

ii. Para n_B

$$Kd = \frac{n_B * [e^-]^2}{n_A^2}$$

Es importante expresar $[e^-]$ en términos de pe , para ello se recomienda revisar la ecuación (7):

$$Kd = \frac{n_B * 10^{-2pe}}{n_T^2}$$

$$n_B = \frac{Kd * n_T^2}{10^{-2pe}}$$

$$n_B = n_T^2 * Kd * 10^{2pe}$$

$$\log n_B = \log [n_T * Kd * 10^{2pe}]$$

$$\log n_B = \log [n_T] - pKd + \log [10^{2pe}]$$

$$\log n_B = \log[n_T] - pKd + 2pe \quad (13)$$

Para el intervalo $pe \gg pKd_2/2 = 7$, se cumple que:

$$n_T = 2n_A + n_B \approx n_B$$

i. Para n_B

$$\log n_T = \log n_B \quad (14)$$

ii. Para n_A

$$Kd = \frac{n_B * [e^-]^2}{n_A^2}$$

$$Kd = \frac{n_T * 10^{-2pe}}{n_A^2}$$

$$n_A = \left(\frac{n_T * 10^{-2pe}}{Kd} \right)^{1/2}$$

$$n_A = n_T^{1/2} * Kd^{-1/2} * 10^{-pe}$$

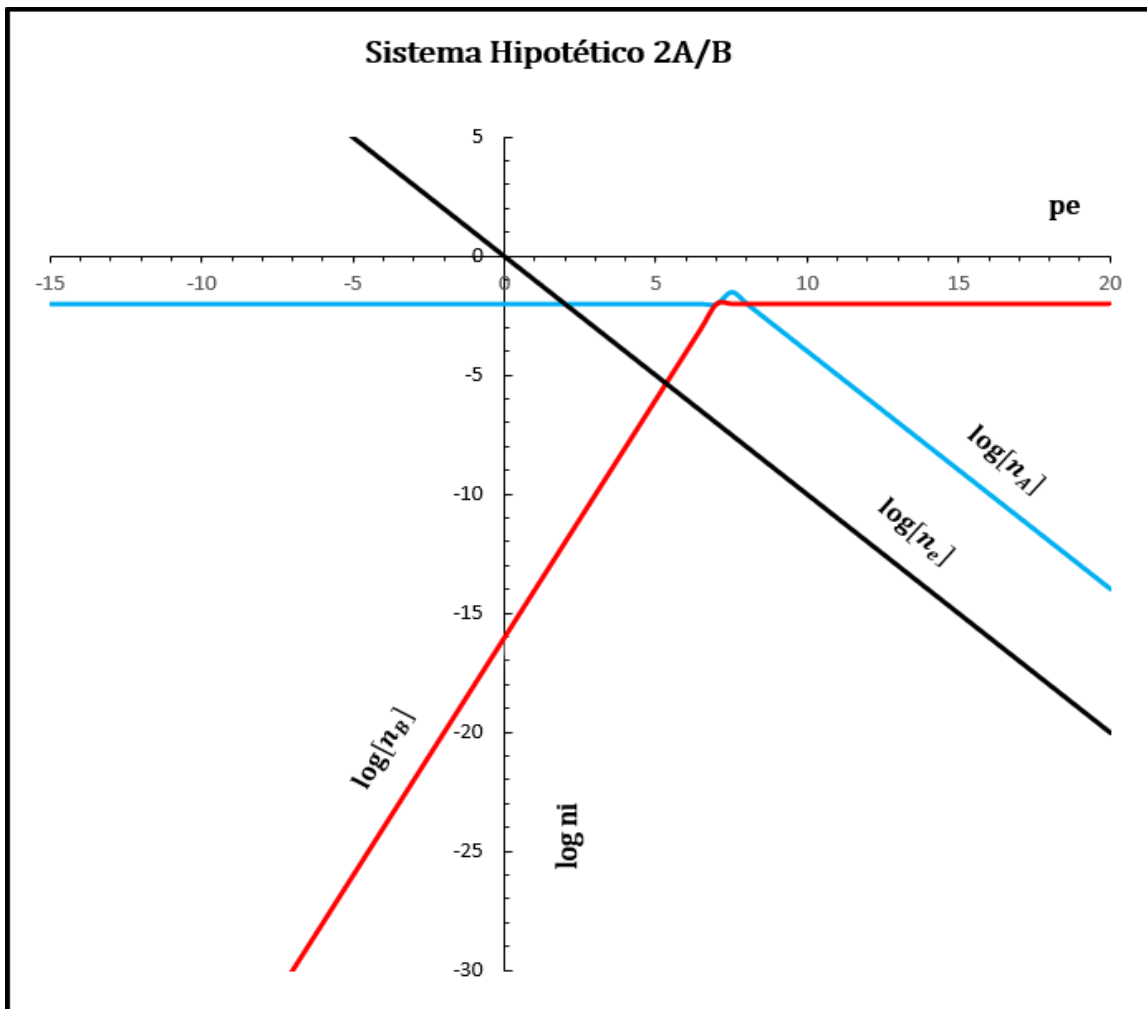
$$\log n_A = \log [n_T^{1/2} * Kd^{-1/2} * 10^{-pe}]$$

$$\log n_A = \frac{1}{2} \log[n_T] + \frac{1}{2} pKd + \log [10^{-pe}]$$

$$\log n_A = \frac{1}{2} \log[n_T] + \frac{1}{2} pKd - pe \quad (15)$$

Una vez determinadas las ecuaciones para las especies n_A y n_B en los rangos $pe \ll pKd_2/2$ y $pe \gg pKd_2/2$, se procede a graficar utilizando una hoja de calculo en la cual se utilizan las ecuaciones (12) y (13) a $pe < 7$ y las ecuaciones (14) y (15) a $pe > 7$, la gráfica que se obtiene para $n_T = 0,01$ es la siguiente:

Gráfico 2. Ejemplo de diagrama logarítmico bajo el modelo general 2A/B. Elaboración propia.



Este tipo de gráficos, aunque pueden ser elaborados manualmente, se recomienda sean construidos por medio de alguna aplicación tecnológica que brinde las herramientas necesarias para modelamiento de gráficos, ya que, el uso de herramientas tecnológicas en las ciencias, específicamente en el ámbito educativo, brinda una perspectiva más detallada y precisa en cuanto a diseño matemático y análisis de fenómenos o comportamientos.

7. METODOLOGÍA

La presente investigación presenta un diseño metodológico que se dividió en 3 fases las cuales comprenden la identificación de elementos teóricos, el diseño y desarrollo de la secuencia didáctica y por último, el análisis de las implicaciones didácticas en términos de promoción de habilidades científicas, para ello se hizo uso de instrumentos de validación, evaluación y aplicación, los cuales, fueron objeto de análisis de expertos investigadores en lo referente a aspectos teóricos y metodológicos, con el fin de cumplir los objetivos planteados y dar solución al problema de investigación.

7.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN

De conformidad con los objetivos y el problema planteados, se realizó una metodología de tipo mixta, según lo descrito por Hernández, Fernández, & Baptista (2010). El enfoque mixto propone una integración entre los enfoques cualitativos y cuantitativos recogiendo sus fortalezas para el desarrollo de una investigación más profunda y sólida, partiendo de esta premisa, por la naturaleza de la presente propuesta, los datos recolectados se analizaron desde este enfoque, ya que cuantitativamente se busca realizar un análisis estadístico en cuanto a la promoción de habilidades científicas se refiere, buscando obtener datos generales de la población, mientras que, cualitativamente se planteó un análisis inferencial con respecto a las múltiples realidades subjetivas y la contextualización del fenómeno que describió la población estudiada.

En ese sentido, se aplicó dicho enfoque desde una ejecución concurrente, puesto que se recabaron los datos tanto cualitativos como cuantitativos en forma paralela, pero, desde un análisis individual, para finalizar en una consolidación a partir de metainferencias que integraron los dos tipos de datos (cualitativos y cuantitativos). En esta propuesta se le otorgó prioridad al enfoque cualitativo, según la naturaleza de la misma.

7.2. MUESTRA

La población de trabajo corresponde a 12 profesores en formación inicial entre sexto y séptimo semestre de la Licenciatura en Química de la Universidad Pedagógica Nacional, quienes estaban cursando el espacio académico: Métodos de Análisis Químico I. Para el pilotaje de la secuencia, a los profesores en formación inicial se les informó que sus identidades iban a ser protegidas

7.3. INSTRUMENTOS

7.3.1. Instrumentos para evaluar la secuencia didáctica

Para la evaluación del contenido de la secuencia didáctica se recuperó la rúbrica diseñada en el estudio de Ibarra et al. (2018). En la que los autores plantean 6 criterios para la validación del instrumento por parte de expertos, para evaluar dichos criterios se

proponen 4 niveles de dominio: Receptivo, resolutivo, autónomo y estratégico; según lo establecido por Tobón (2013).

Estos instrumentos permiten dar un criterio de validez por parte de expertos, lo que a su vez indica que la secuencia mide lo que pretende evaluar. (Ver anexo 8).

7.3.2. Instrumentos para identificar la promoción de habilidades científicas (LIKERT)

Estos instrumentos pretenden dar cuenta de que el pilotaje de la secuencia didáctica promocionó en cierto porcentaje las habilidades científicas, para ello se formularon 23 afirmaciones, las cuales se categorizaron en las 6 habilidades científicas que se describen a continuación:

Para la selección de las habilidades científicas, se utilizó como referente teórico la revisión bibliográfica realizada por Reyes y García (2014), en donde se copilan las habilidades científicas descritas por 6 autores a lo largo de la década de los 2000, que se presentan en la *tabla 1*.

Tabla 1. Síntesis de habilidades de proceso científico reportadas en la literatura reciente. Recuperado de: Reyes y García (2014).

Abruscato (2004)	Friedl y Koontz (2005)	Chiappetta y Koballa (2006)	Martin et al. (2009)	Kovalik y Olsen (2010)	Mineduc (2012)
Observar	Observar	Observar	Observar	Observar	Observar
Clasificar	Clasificar	Clasificar	Clasificar	Comunicar	Clasificar
Predecir	Inferir	Usar números	Predecir	Comparar	Comunicar
Usar números	Comunicar	Medir	Usar números	Organizar (ordenar, categorizar)	Medir
Medir	Medir	Inferir	Medir		Usar modelos
Inferir	Experimentar	Usar relaciones espacio/tiempo	Interpretar datos	Relacionar	Experimentar
Usar relaciones espacio/tiempo		Interpretar datos	Controlar variables	Inferir	Analizar
Comunicar		Controlar variables	Definir operacionalmente	Aplicar	Comparar
Interpretar datos		Hipotetizar	Experimentar		Evaluar
Controlar variables		Definir operacionalmente	Formular modelos		Explorar
Hipotetizar		Experimentar	Inferir		Formular preguntas
Definir operacionalmente		Formular modelos	Comunicar		Investigar
Experimentar			Preguntar		Planificar
					Registrar
					Usar instrumentos

A partir de la anterior tabla, se abstraen las habilidades científicas más adecuadas a la investigación, teniendo en cuenta la naturaleza propia del tema en cuestión, dichas habilidades son: organizar, interpretar datos, relacionar, analizar, hipotetizar y formular modelos.

Como escala de valoración se utilizó una medida de 1 al 5 en donde 1 es totalmente en desacuerdo y 5 totalmente de acuerdo (ver anexo 7). Para la evaluación de la promoción de las habilidades científicas previamente seleccionadas, se utilizó como parámetro estadístico el coeficiente de correlación de Pearson, el cual mide la correlación entre un primer test antes de implementar la secuencia y un segundo después de finalizar, técnica que se conoce como test-retest. Además, se realizó un análisis del grado de validez del instrumento con base en este coeficiente.

7.3.3. Instrumentos de la secuencia didáctica

Estos instrumentos corresponden a las 3 actividades aplicadas a lo largo del desarrollo de la secuencia didáctica (ver anexos 3, 4 y 5), los cuales incluyen las temáticas propias de la investigación: química en contexto, equilibrio químico redox, diagramas logarítmicos y algunas actividades relacionadas con la argumentación y capacidad de análisis; estas actividades se llevaron a cabo en las sesiones y tiempos asignados al espacio académico de Métodos de Análisis Químico I según lo establecido en el cronograma de investigación (ver anexo 1).

Para la evaluación cualitativa y cuantitativa de estas actividades se utilizó una rúbrica de evaluación que contiene 4 criterios: resolución de problemas matemáticos, diseño de representaciones gráficas, relación entre contexto y contenido disciplinar y, capacidad de análisis y argumentación; estos criterios a su vez, se dividen en 3 niveles de dominio: avanzado, básico e inferior (evaluación cualitativa) y una escala de 1 a 5 (evaluación cuantitativa).

7.4. FASES METODOLÓGICAS

7.4.1. Fase 1: Levantamiento de los elementos teóricos

En esta fase se lleva a cabo la identificación de los elementos teóricos y metodológicos que se implementaron en el desarrollo de la secuencia didáctica con base en una revisión bibliográfica que consta de: Artículos científicos, tesis de grado, libros y ponencias; que aborden aspectos referentes a la química en contexto y las implicaciones didácticas de la misma.

Para ello se establecen 4 criterios de selección, buscando así investigaciones relacionadas con: química en contexto, diseño de secuencias didácticas en química y la pertinencia del uso de esquemas y gráficos en la educación en ciencias y, por último, la mediación tecnológica. Además, se dividieron los elementos teóricos y metodológicos en 3 momentos de la investigación: previos al diseño, durante el diseño y durante el pilotaje.

7.4.2. Fase 2: Desarrollo de la secuencia didáctica

Esta fase se lleva a cabo a partir de una adaptación de la metodología que presentan Gräsel, C. et al. (2007) los cuales proponen 4 etapas metodológicas para desarrollar una

unidad didáctica fundamentada en el modelo de química en contexto mediante un programa denominado “Chemie im Kontext” (ChiK), estas etapas son: etapa de contacto, etapa de curiosidad y planificación, etapa de elaboración y etapa de profundización y conexión.

7.4.2.1. Etapa de contacto

En esta etapa se identifica el contexto general de trabajo y la población, por otra parte, aunque los autores mencionan que se debe indagar en los intereses y gustos de los estudiantes, la secuencia se fundamenta en los intereses de los profesores bajo el argumento que los autores de ChiK describen “es quizás el aspecto más importante para la motivación de los estudiantes. Comparable con los estudiantes, los profesores también tienen diferentes intereses y habilidades para iniciar y apoyar el aprendizaje de los estudiantes”, en este caso por la complejidad de los tiempos de aplicación y la coyuntura actual de la pandemia (la cual supone la virtualidad de los espacios académicos), el diseño de la secuencia se basó únicamente en los intereses didácticos del estudio.

7.4.2.2. Etapa de curiosidad y planeación

En esta etapa se plantearon 3 preguntas orientadoras en torno a la investigación, las cuales fueron: ¿Qué se va a evaluar? ¿Cómo se va a evaluar? y ¿Para qué se va a evaluar?; con base en dichas preguntas se planearon las actividades y los instrumentos de evaluación, teniendo en cuenta los espacios y el tiempo para cada una de las clases. Por otra parte, la percepción de habilidades científicas se estudió adaptando las actividades y las evaluaciones, de modo que, todos los estudiantes puedan participar activamente en el proceso; con respecto a la construcción de las actividades y los instrumentos de evaluación estos se darán en 3 pasos:

- Diseño: Los instrumentos y actividades se diseñaron con base en las preguntas orientadoras.
- Validación: Con la intervención de expertos investigadores en el campo de la didáctica de la química, se determinó la validez de los instrumentos de la secuencia didáctica.
- Adaptación: Una vez los expertos investigadores identifiquen las falencias de los instrumentos, estos se modificaron con base en las sugerencias.

7.4.2.3. Etapa de elaboración y aplicación

En esta etapa se aplicaron tanto las actividades como los instrumentos de evaluación previamente diseñados en la etapa de curiosidad y planeación, articulados en la secuencia didáctica.

7.4.2.4. Etapa de profundización y conexión

En esta etapa se elaboró un análisis a partir del cual se construyen reflexiones sobre la pertinencia del trabajo, la relevancia personal y las posibles modificaciones que se pueden realizar a futuro para adecuar a diferentes contextos.

Por otra parte, se evaluó la promoción de habilidades científicas a partir de los instrumentos diseñados y aplicados en la fase 2, para ello, se realizó un análisis cuantitativo empleando la estadística para el reporte de datos porcentuales y, otro análisis cualitativo, en el cual se realizaron inferencias objetivas desde el criterio propio. Una vez unificados y evaluados los reportes cualitativo y cuantitativo, se planteó una correlación entre las habilidades científicas y las implicaciones didácticas de las mismas en el desarrollo de la secuencia, para lo cual se utilizó como base las investigaciones en torno a los elementos teóricos previamente identificados en la fase 1.

Según la metodología ChiK después de concretadas las tres primeras etapas, se procedió a divulgar la investigación en una comunidad de enseñanza compuesta por un grupo de profesores entre 8-10 participantes con el fin de recopilar información y retroalimentar los procesos como se puede apreciar en la *Figura 2*, sin embargo, este proyecto se divulgará por medio de una revista científica especializada en educación.

Figura 2. Actividades en una comunidad de aprendizaje bajo el modelo ChiK. Tomado y adaptado de: Gräsel, C. et al. (2007)



7.4.3. Fase 3. Evaluación de los elementos teóricos y metodológicos

Para realizar la evaluación de los elementos teóricos y metodológicos se establecieron 10 criterios de evaluación agrupados en 5 categorías, las primeras 4 corresponden a los criterios de la fase 1 “identificación de los elementos teóricos y metodológicos” y la quinta categoría, corresponde a una categoría de evaluación global y transversal.

Además, se recupera y adapta el formato de evaluación diseñado por Murcia (2020) el cual plantea 4 aspectos que se deben tener en cuenta en la evaluación de elementos teóricos y metodológicos para una investigación en didáctica, los cuales son: Tipo de elemento, criterios de evaluación, elemento teórico y argumentos que soportan la evaluación; estos se evaluaron en 3 momentos: previos al diseño, durante el diseño y durante el pilotaje. Los criterios de evaluación se diseñaron a partir de los intereses de la investigación y son de elaboración propia.

8. ANÁLISIS DE RESULTADOS

8.1. IDENTIFICACIÓN DE LOS ELEMENTOS TEÓRICOS

Para la identificación de los elementos teóricos y metodológicos se realizó una revisión bibliográfica con el fin de cumplir el primer objetivo específico, para ello se tuvieron en cuenta trabajos relacionados directamente con el modelo química en contexto, el diseño de secuencias didácticas en cuanto a estructura, desarrollo de actividades, aplicación y fundamentación; se incluyeron investigaciones respecto a la mediación tecnología en el entorno virtual, por último, se tomó en cuenta material académico respecto a la construcción, importancia y pertinencia de esquemas y gráficos en cuanto al análisis fenomenológico y el ejercicio de abstracción de contenidos en química.

Otro criterio para la identificación de los elementos teóricos y metodológicos fue el desarrollo de habilidades científicas las cuales se buscaban promocionar con el diseño y el pilotaje de la secuencia didáctica, estos elementos incluían las habilidades científicas como tema transversal en los trabajos anteriormente mencionados, los cuales resaltaban su importancia y pertinencia paralelamente a la construcción de conocimientos en química y en las otras ramas de la ciencia.

En la *figura 3*. se presentan los momentos claves en la elaboración y aplicación de la secuencia didáctica y su relación con los elementos teóricos y metodológicos identificados, dichos momentos fueron: previos al diseño, durante el diseño y durante el pilotaje de la secuencia didáctica.

La identificación de estos elementos teóricos y metodológicos permitió la planificación y diseño de la secuencia didáctica encaminando la misma hacia la promoción de habilidades científicas en profesores en formación inicial por medio del ejercicio mancomunado del modelo química en contexto con la construcción de diagramas logarítmicos para equilibrios químicos redox

Figura 3. Elementos teóricos y metodológicos identificados para el diseño y pilotaje de la secuencia didáctica. Elaboración propia



Los elementos teóricos previos al diseño aportaron los elementos necesarios para la comprensión y estructuración de la enseñanza contextualizada en ciencias, particularmente en química y la promoción de habilidades científicas, dichos elementos orientaron los criterios a tener en cuenta respecto a las ventajas y a los retos de utilizar el modelo química en contexto para el pilotaje de una secuencia didáctica, la articulación de los 3 contextos propuestos por Parga y Piñeros (2018), los cuales son disciplinares, metadisciplinares y cotidianos; y por último, la delimitación de las habilidades científicas para promover en los profesores en formación inicial de química.

Los elementos teóricos y metodológicos durante el diseño permitieron la estructuración de la secuencia didáctica propiamente, con el fin de realizar actividades secuenciadas, teniendo en cuenta la naturaleza de las secuencias en su flexibilidad y adaptabilidad para un espacio educativo particular, la importancia del uso de gráficos, esquemas y diagramas en la comprensión de fenómenos y la articulación de modelos matemáticos en el ejercicio de abstracción de conceptos químicos, trabajos realizados haciendo uso de química en contexto para espacios educativos reales, tanto de educación superior como de educación secundaria y por último, la importancia del trabajo autónomo, puesto que, las actividades fueron diseñadas y orientadas hacia el desarrollo individual para cada profesor en formación inicial de química.

Los elementos teóricos y metodológicos durante la implementación permitieron en primera instancia, orientar las actividades hacia un entorno virtual, teniendo en cuenta las plataformas institucionales como Microsoft Teams y Microsoft Outlook, dichas plataformas fueron usadas para el desarrollo sincrónico y asincrónico de las actividades, también el uso de herramientas virtuales para la construcción de gráficos y su posterior análisis teniendo en cuenta factores como predecir el comportamiento teórico de las especies, además de la predominancia de las mismas en un sistema en equilibrio químico, particularmente, analizando desde el equilibrio químico redox, la transferencia de electrones y el potencial de electrones. Cabe resaltar las modificaciones realizadas a las actividades a desarrollar están sujetas a la naturaleza flexible de las secuencias didácticas.

8.2. EVALUACIÓN DE LA SECUENCIA DIDÁCTICA POR EXPERTOS

8.2.1. Perfil profesional de los expertos

Para realizar la evaluación de la secuencia didáctica se acudió al criterio y experiencia de 3 expertos evaluadores, los cuales, con base en sus conocimientos en pedagogía y didáctica, y, en química, evaluaron la secuencia teniendo en cuenta el enfoque del modelo didáctico utilizado en su diseño, es decir, química en contexto. Por cuestiones de protección y custodia de la información, se hizo referencia a los expertos evaluadores como: experto evaluador 1, experto evaluado

2 y experto evaluador 3, en la siguiente tabla, se resume el perfil profesional de cada uno de ellos:

Tabla 2. Perfil profesional de los expertos evaluadores. Elaboración propia.

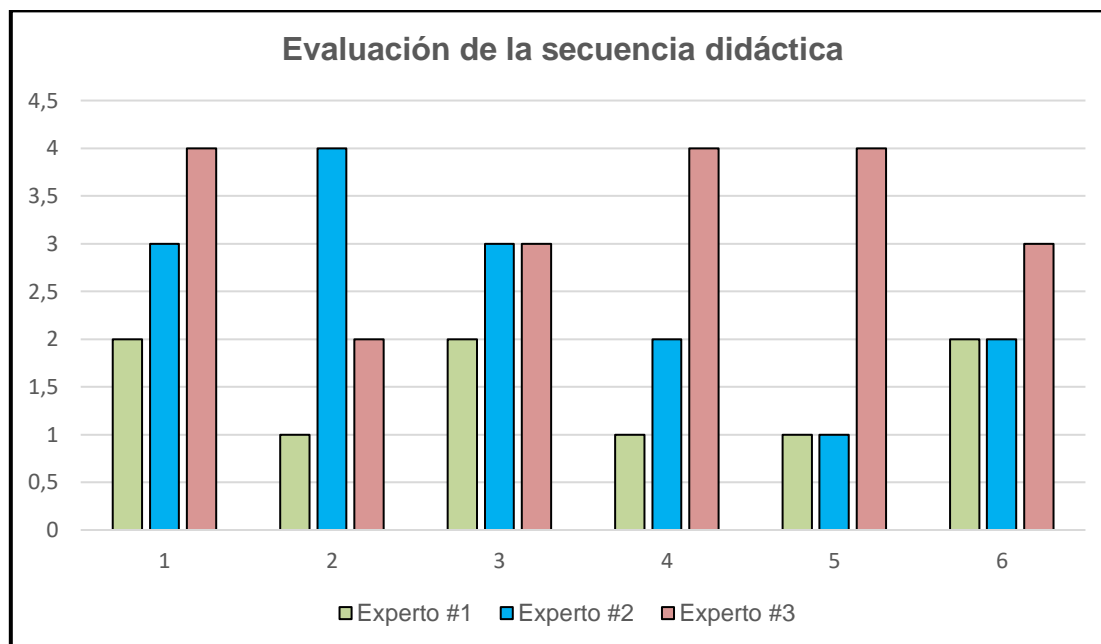
Experto evaluador	Experto 1	Experto 2	Experto 3
Título(s) de pregrado	Licenciatura en Química	Licenciatura en Química	Licenciatura en Química
Título(s) de posgrado	Doctorado en enseñanza, filosofía e historia de las ciencias	Magister en Docencia de la Química	Especialista en docencia de las Ciencias y Magister en Educación
Años de experiencia docente	22	6	29
Ciudad	Bogotá - Colombia	Bogotá - Colombia	Bogotá - Colombia
Institución de trabajo	Universidad Católica de Colombia.	Gimnasio Femenino	Universidad Pedagógica Nacional
Programa en el que labora	Director dpto. de Ciencias Básicas / Profesor del Doctorado en Psicología	NA	Licenciatura en Química – Maestría en Docencia de las Ciencias Naturales – Maestría en Docencia de la Química.

Los expertos evaluadores fueron elegidos con base en sus conocimientos en química de manera intencionada pues su perfil profesional permitió que la evaluación fuera acorde a los objetivos del proyecto y de la secuencia didáctica en sí.

8.2.2. Evaluación de la secuencia por parte de expertos evaluadores

Para la evaluación de la secuencia didáctica, los expertos realizaron sus críticas con base en 6 criterios planteados en la rúbrica socioformativa para valorar las secuencias didácticas en el diseño de cursos de formación docente diseñada por Ibarra et al. (2018), (ver anexo 8), en estos se busca evaluar la secuencia respecto de su estructura, coherencia y pertinencia en términos de 4 niveles de dominio: receptivo, resolutivo, autónomo y estratégico, a continuación, se presenta una gráfica de barras que resume las evaluaciones de los docentes respecto a la secuencia didáctica:

Gráfico 3. Evaluación de la secuencia didáctica por expertos. Elaboración propia.



La evaluación de los expertos se justifica a continuación:

El primer experto, fue bastante crítico ya que no conocía el proyecto de investigación, ni el marco teórico desde el que se estaba realizando la evaluación, pues para él, era necesario conocer varios de los puntos del trabajo en general, como: objetivos, problema y pregunta problema, metodología, entre otras; por ello, realizó varias suposiciones y se centró en lo que faltaba especificar en la secuencia como tal, sin embargo, aclaró una vez realizada su evaluación, que los puntajes que había dado en la rúbrica socioinformativa fueron bastante bajos debido a que él desconocía muchas cosas que consideraba importantes y que no se encontraban allí, lo cual afectó negativamente la evaluación, sin embargo, la propuesta en sí para el experto es consistente y las modificaciones eran más de tipo conceptual. En cuanto al cuerpo del documento de la secuencia didáctica, el experto hizo varias recomendaciones en lo que respectaba al enfoque de los objetivos, las preguntas orientadoras ya que según él parecían preconcepciones pues los estudiantes ya deberían conocer esos entramados teóricos y por otra parte, según el experto las preguntas orientadoras deberían estar enfocadas a la formación docente y no solo a lo disciplinar; señaló además, que la primera actividad titulada “lluvia de ideas” se realizara con la aplicación “padlet” y que se revisara hasta qué punto se podría realizar cátedra con dichas preconcepciones; en cuanto a la actividad #1 hizo unas anotaciones de redacción y planteó que el segundo punto de la actividad #1 no se relacionaba con el primer apartado por lo cual estaba desconectado.

El segundo experto evaluador hizo énfasis en la presentación explícita de las habilidades a los estudiantes, además de realizar varios aportes hacia la estructura y diseño de la

secuencia didáctica, aportando desde su perspectiva un criterio metodológico según el cual se debería implementar una prueba LIKERT al finalizar cada sesión. Por otra parte, mencionó que cada sesión debería tener sus propios objetivos para dar a entender de forma explícita los logros que se quieren alcanzar en el desarrollo de cada sesión.

El tercer experto evaluador realizó una observación respecto al problema planteado en la secuencia y si el hacer un análisis estadístico puede ser pertinente, también señaló que la transversalidad en el proceso no aplica, puesto que, son los estudiantes quienes deberían crear y construir su contexto para realizar ese tipo de análisis en cuanto a transversalidad y creatividad, también resalta el hecho de que con una sola pilotaje puede que se logren demostrar resultados, acotando que si se vuelve a aplicar, se esperaría que existan resultados ligeramente parecidos, pero los mismos no pueden ser demostrativos.

Para realizar un análisis más detallado de cada uno de los comentarios y evaluaciones realizadas por los expertos, se realizó una descripción de cada uno de los 6 criterios emitida por cada experto, en donde se resaltan las modificaciones que se le realizaron a la secuencia didáctica con base en los niveles de dominio emitidos por los expertos:

En el *primer criterio*, el primer experto asignó un nivel de dominio 2 “Resolutivo” (Suficiente) a lo que justificó: “Considero que se deben revisar los enfoques, objetivos y competencias, toda vez que el trabajo es muy bueno en lo operacional y conceptual, pero en el desarrollo de competencias y la formación profesional, aún no es claro.” Este comentario ayudó a realizar una nueva revisión de los objetivos, pues no se incluía allí un aspecto que buscara favorecer la formación de docentes, por lo cual se replantearon, las competencias por consenso del departamento no se modificaron ya que se tomaron las del programa de la asignatura “métodos de análisis I”. el segundo experto evaluador asignó un nivel de dominio 3 “autónomo”, el experto argumenta que “La relación de los contenidos temáticos, los objetivos y las preguntas están relacionados sin embargo en las actividades no explicito el tipo de competencia relacionada con la(s) actividades.”, el experto señaló la importancia y la correlación explícita que se busca entre los objetivos de la secuencia y las actividades a realizar.

En cuanto al *segundo criterio*, el primer experto señaló que el nivel de dominio era 1 “Receptivo” (insuficiente) pues según su criterio en lo referente a los saberes previos: “No se analizan, estos apenas se evidencian como una “lluvia de ideas” pero no son insumo que incida en el diseño de la secuencia didáctica”, sin embargo, por cuestiones de tiempo, teniendo en cuenta que el número de sesiones eran tres, la interacción con los estudiantes se dificultó demasiado y analizar las ideas previas recogidas en la primera sesión era complicado, por lo cual se construyó cátedra con base en dichas ideas previas, tratando de vincular dichos conocimientos previos con el dominio conceptual que se iba abordar. El segundo evaluador asignó un nivel de dominio 4 “estratégico” el experto argumentaba: “considero que las ideas previas y la forma de ser reclutadas en las actividades principales evidencian la utilidad de las mismas para la movilización y consolidación de los aprendizajes relacionados con los diagramas logarítmicos”. El

experto considera la importancia de las ideas previas y su correcta ejecución en las actividades para el proceso de enseñanza y aprendizaje en la secuencia didáctica.

Para el *tercer criterio* el primer experto indicó que el nivel de dominio era 2 “Resolutivo” (suficiente) en su justificación explicó que: “Si bien, se aborda el desarrollo conceptual del EQ, no es claro el aporte de esto para la formación del futuro docente, por tanto, si existe un desarrollo de conocimiento disciplinar, pero no profesional.” Esta justificación se encuentra directamente relacionada con el *primer criterio* pues según el experto no se profundiza en el desarrollo profesional, sin embargo, una vez modificados los objetivos y justificado el uso de los diagramas logarítmicos como estrategia didáctica para la enseñanza del equilibrio químico, la pertinencia a nivel profesional de utilizar este tipo de diagramas en la formación de un docente se señala varias veces en el cuerpo del presente documento, por lo cual se atribuye esta evaluación al desconocimiento del experto de la investigación en cuestión. En el tercer criterio, el segundo evaluador asignó un nivel de dominio 3 “autónomo”, argumentando que: “las actividades permiten que a través de diversas actividades de tipo procedimental el estudiante argumente o relacione con respecto al contexto brindado, sin embargo, no hay una conexión directa y explícita entre los diagramas logarítmicos y contexto en las actividades iniciales lo cual dificulta el proceso de reflexión necesario para la resolución de problemas”, en este criterio se menciona la relación explícita que se debe tener con respecto al contexto y a los diagramas logarítmicos, teniendo en cuenta este apartado y por la naturaleza flexible de las secuencias didácticas, se opta por articular planteamientos hipotéticos y teóricos en las actividades con redes conceptuales necesarias para la construcción de los diagramas logarítmicos, por ejemplo, teniendo en cuenta el contexto planteado con respecto a la salud, argumentar en que rango del pe (potencial de electrones) la especie predominante es tóxica para el ser humano.

Con respecto al *cuarto criterio* el primer experto dio una evaluación de 1 “Receptivo” (insuficiente) señalando que: “Aún no es claro cuál es el problema a resolver.” En ese sentido, se atribuye la valoración del experto al hecho de que no se incluyó en la secuencia didáctica el problema, ni la pregunta problema, por lo cual el experto la desconocía, sin embargo, esta es clara y se especificó desde los orígenes de la investigación, por ello se decidió incluirla en la secuencia didáctica. El segundo evaluador asignó un nivel de dominio 2 “resolutivo”, argumentando que “el contexto brindado permite que al abordar la actividad se analice la problemática a la luz de los conceptos, recomendaría realizar más actividades que sigan la estructura de la actividad final donde es posible evidenciar el empleo de las competencias por las cuales propende la secuencia”. En este criterio el experto evaluador expresa su evaluación respecto a la cantidad de actividades, sin embargo, no era viable realizar más actividades, debido a los tiempos requeridos para la entrega de las actividades, ya que, los estudiantes expresaron tener una carga académica elevada por lo que no podían cumplir los tiempos necesarios para hacer el análisis y la recolección de datos.

Para el *quinto criterio* el primer experto asignó un nivel de dominio de 1 “Receptivo” (insuficiente) justificando así: “A menos de que no haya sido claro para mí en la lectura,

no considero haber encontrado un problema y su posible solución.” Al igual que con el *cuarto criterio* el docente hizo énfasis en que no se incluyó el problema en la secuencia didáctica y por ello es imposible para él dar una valoración más alta, por ello se incluyó la pregunta problema en la secuencia didáctica. El segundo evaluador asignó un nivel de dominio 1 “receptivo”, argumentando que “desde el enfoque de naturaleza de la ciencia se ha evidenciado en el diseño de secuencias de enseñanza y demás materiales educativos que para la resolución de problemas es necesaria la presentación explícita a los estudiantes de los objetivos que este pretende alcanzar, así como de generar espacios reflexivos donde se evalúe la pertinencia del contexto y los conocimientos adquiridos para la resolución de problemas, en este sentido sugiero que las actividades mencionen de forma explícita el problema a solucionar y que los puntos a desarrollar durante las mismas generen espacios de reflexión.” El experto enfatiza en la presentación y articulación explícita del tema abordado con los objetivos que se pretenden alcanzar, en este apartado, se realizó la aclaración de los objetivos y la pertinencia de los diagramas logarítmicos en la construcción de conocimiento en química al finalizar las sesiones, respecto a los espacios de reflexión de pertinencia del contexto, similar al cuarto criterio debido al número de sesiones propuestas, la interacción con los estudiantes se dificultó y por ello no se pudo enfatizar en la pertinencia del contexto

Para finalizar el primer experto evaluó el nivel de dominio del *sexto criterio* asignando un nivel de dominio 2 “Resolutivo” (suficiente) para lo que justificó: “Considero que existen algunos elementos MC que pueden ser abordados de una manera diferenciada y así poder dar mayor robustez a la investigación.” Aunque la evaluación no necesariamente es negativa, se considera que pudo ser mejor al igual que otros puntos de la presente evaluación si el experto hubiera conocido la metodología de la investigación “Chemie in Kontext” la cual en su última fase se centra en la socialización de la experiencia a la comunidad científica y se busca con este apartado promover la metacognición a partir del diseño de la secuencia didáctica. El segundo evaluador asignó un nivel de dominio 2 “resolutivo”, argumentando: “considero que debería realizarse un instrumento Likert para realizar la valoración de los procesos metacognitivos ya que le permite al estudiante hacer una evaluación final al estudiante sobre su proceso de aprendizaje, en la implementación considero este puede ser aplicado al terminar cada actividad o sesión”, en este punto la prueba de Likert se realizó antes de comenzar las sesiones y al finalizar las mismas, sin embargo, el número de las sesiones es muy bajo, siendo estas 3, por lo que la argumentación que propone el segundo evaluador se cumple parcialmente, debido al reducido número de sesiones.

El tercer experto evaluador, en los criterios 1,3,4,5,6 expresó una opinión positiva, planteó que para dichos criterios la secuencia didáctica es pertinente teniendo en cuenta la escala propuesta siendo mayor o igual a 3 en cuanto a los niveles de dominio, sin embargo, el experto realizó varias aclaraciones en algunos de los criterios: en el tercer y sexto criterio, el tercer evaluador mencionó la relevancia que tiene la participación de los estudiantes en el proceso de enseñanza y aprendizaje, puesto que, según su criterio: “Desde mi concepción no aplica el análisis de transversalidad y la creatividad implicaría desde la construcción misma del contexto problemático por parte de los estudiantes.”, sin

embargo, uno de los puntos propuestos en la metodología de la investigación “Chemie in Kontext”, así pues, es el docente quién orienta un contexto y construye conocimiento a partir del mismo. En el sexto criterio, expresó que, “El énfasis de la secuencia de actividades hace énfasis en los momentos de retroalimentación y en el trabajo individual de los estudiantes. No hay explícitamente momentos de trabajo autónomo por grupos de estudiantes” sin embargo, el trabajo individual de los estudiantes hace referencia al desarrollo de las actividades por parte de los estudiantes, no hace referencia a un trabajo autónomo.

El tercer experto evaluador realizó una aclaración respecto a la recolección de datos y análisis de los mismos, particularmente, en el segundo criterio, fue el único en el que asignó un nivel de dominio 2 “resolutivo”, argumentando que “Se puede suponer que en la implementación saldrán a relucir los fundamentos conceptuales adquiridos por los estudiantes en cursos anteriores o en el mismo curso, con anterioridad a la implementación pero es hipotético que estas sean trabajadas directamente en relación con las actividades planteadas.” El experto también hizo una aclaración en el quinto criterio, en el cual, si bien asignó un nivel de dominio 4 “estratégico”, aclaró que “Lo que es discutible es que una sola implementación demuestre algo. A lo sumo se podría plantear la hipótesis que en próximas oportunidades se podrían lograr resultados ligeramente parecidos, pero nunca demostrativos”, los dos puntos están enfocados hacia la implementación de la secuencia didáctica y los datos que se pueden recuperar, sin embargo, al tratarse de un pilotaje, los datos son particulares para el grupo de Métodos de Análisis Químico I por lo que los datos se extrapolaron y se analizaron teniendo en cuenta la población con la cual se trabajó.

La evaluación de la secuencia didáctica permitió identificar los errores que contenía la misma respecto a: estructura, objetivos, competencias, preguntas orientadoras y actividades; esto no solo permitió elaborar una investigación más coherente en términos didácticos, sino que, además, orientó el pilotaje de la secuencia en correspondencia con el juicio emitido por los expertos.

8.2.3. Evaluación de la prueba LIKERT

En conjunto con la secuencia didáctica, la prueba LIKERT fue sometida a evaluación por parte de los expertos, para ello se diseñó un instrumento con 6 parámetros para que los evaluadores afirmaran si los mismos se cumplían o no y justificaran la evaluación, a continuación, se presenta la *tabla 3*. que resume la evaluación de los expertos respecto a la prueba LIKERT.

Tabla 3. Evaluación de expertos a la prueba tipo LIKERT. Elaboración propia.

Parámetro	1	2	3	4	5	6
Experto #1	No cumple	Cumple	Cumple	Cumple	No cumple	Cumple
Experto #2	Cumple	No cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple
Experto #3	Cumple	Cumple	No cumple	Cumple	Cumple	Cumple

Con base en la anterior evaluación de los expertos se realizó un sondeo de las principales críticas de los expertos y se realizaron algunas modificaciones en la prueba para que esta fuera más consistente y presentara mayor coherencia especialmente en los parámetros 1, 2, 3 y 5:

Según el experto #1 los parámetros 2, 3, 4 y 6 si se cumplían y las justificaciones que realizó se centraban en dicho grado de acuerdo con los parámetros señalados, sin embargo, para el experto los parámetros #1 y #5 no se cumplían pues para él era necesario realizar una revisión detallada de la redacción de la mayoría de los ítems ya que habían algunos mal escritos y otros que se podían entender de la misma manera, por otra parte, acotó que la redacción del encabezado de la LIKERT había que revisarlo pues seguramente no era tan claro. El experto señaló además en el cuadro de observaciones finales lo siguiente: “Recomiendo revisar la redacción de los ítems y el enfoque, no apenas a lo disciplinar y si a la formación docente.” Esta observación, justifica el enfoque de la LIKERT siendo esta demasiado disciplinar, sin embargo, el instrumento se realizó de esta forma ya que se buscaba agrupar las afirmaciones en categorías diseñadas según el tipo de habilidad científica que el estudiante dominara, no hacia componente pedagógico pues no es objeto de estudio de la presente investigación.

El segundo experto evaluador enfatizó en la presentación explícita de las habilidades a desarrollar en los estudiantes, además de hacer algunas acotaciones respecto al uso de las pruebas de Likert, aclarando que, la aplicación de la encuesta LIKERT debería realizarse al finalizar cada sesión teniendo en cuenta los objetivos que se quieren desarrollar en cada una y, por último, resalta el hecho que no hay suficientes afirmaciones en la prueba de Likert para las habilidades de tipo investigativas. Teniendo en cuenta dichas observaciones se modificó la prueba de LIKERT para reducir el número de afirmaciones similares y que varias de ellas concordaran con las habilidades de tipo investigativo

Respecto al análisis realizado por el tercer experto, se realizaron las adaptaciones con base en las recomendaciones emitida por el evaluador en cuanto a la prueba LIKERT, esto con el fin de que la redacción fuese más coherente teniendo en cuenta los intereses de la investigación, haciendo que la redacción de las demás afirmaciones fuese similar en lo que a redacción de texto refería, el experto evaluador también realizó observaciones

respecto al análisis estadístico, puesto que, según él, el uso de análisis estadístico no es muy confiable para afirmar que los cambios que hubo después de la pilotaje corresponden a la pilotaje de la secuencia en sí misma. Es importante resaltar que se logran hacer aproximaciones al desarrollo conceptual en términos de la estabilidad, reactividad y predominancia de una especie.

La evaluación emitida por los expertos permitió corregir varios de los aspectos que componían a la prueba LIKERT, entre ellos: redacción, estructura, finalidad, tiempos de aplicación y redundancias.

8.3. PILOTAJE DE LA SECUENCIA DIDÁCTICA

El pilotaje de la secuencia didáctica se llevó a cabo de manera remota y sincrónica en 3 sesiones por medio de la aplicación Microsoft Teams, paralelamente de manera asincrónica se llevaron a cabo algunas actividades transversales planteadas en la secuencia didáctica. Se trabajó con una población de 13 profesores en formación inicial entre 6° y 7° semestre del programa Licenciatura en Química de la Universidad Pedagógica Nacional de Colombia, los cuales se encontraban cursando el espacio académico métodos de análisis químico I.

Para el diseño e pilotaje de la secuencia didáctica se utilizó la metodología ChiK (Chemie in Kontext) planteada por Gräsel, C. et al. (2007) y adaptada para la presente investigación, esta se dividió en 4 etapas: etapa de contacto, etapa de curiosidad y planeación, etapa de elaboración y aplicación y, etapa de profundización y conexión.

Tabla 4. Etapa de curiosidad y planeación de la metodología ChiK. Elaboración propia.

Preguntas orientadoras	Descripción
¿Qué se va evaluar?	<ul style="list-style-type: none"> • Los elementos teóricos y metodológicos que se deben incorporar en una secuencia didáctica sustentada bajo el modelo de química en contexto • La promoción de las habilidades científicas • La validez de la secuencia y de los instrumentos
¿Cómo se va evaluar?	<ul style="list-style-type: none"> • Desde los criterios de evaluación establecidos para cada una de las categorías bajo las que se identificaron los elementos teóricos y metodológicos • Por medio de los instrumentos a partir de una evaluación cualitativa y cuantitativa; y, a través de la escala LIKERT • Por medio del criterio de los expertos y el coeficiente de correlación de Pearson
¿Para qué se va evaluar?	<ul style="list-style-type: none"> • Para dar un criterio coherente y valido de como estructurar y diseñar una secuencia didáctica desde el modelo de química en contexto y el uso de diagramas logarítmicos para promover de habilidades científicas

Para la evaluación cualitativa y cuantitativa de los instrumentos de la secuencia didáctica se diseñó una rúbrica de evaluación, que se divide en 2 componentes: procedimental y conceptual; los cuales a su vez se dividen en subcategorías de evaluación, las cuales son: resolución de problemas matemáticos, diseño de representaciones gráficas, relación entre contexto y contenido disciplinar y, capacidad de análisis y argumentación; las cuales se describen bajo 3 niveles de dominio: avanzado, básico e inferior; la rúbrica de evaluación de la secuencia didáctica se presenta a continuación:

Tabla 5. Rúbrica de evaluación de la secuencia didáctica. Elaboración propia.

Categoría	Subcategoría	Avanzado (3,8-5)	Básico (2-3,8)	Inferior (1-2)
Procedimental	Resolución de problemas matemáticos	El estudiante formula modelos matemáticos coherentes en relación con el sistema en equilibrio químico y las semirreacciones químicas, obteniendo las expresiones de pK_d , K_d , balance de material, balance de especies y reduce la expresión haciendo uso de procesos matemáticos como la factorización y simplificación para finalizar aplicando la función logaritmo a las expresiones matemáticas obtenidas haciendo uso adecuado de las propiedades de los logaritmos	El estudiante formula algunos modelos matemáticos para los sistemas en equilibrio químico y las semirreacciones químicas presentando dificultades para obtener las expresiones de pK_d , K_d , balance de material, balance de especies y también para aplicar la función logaritmo haciendo uso adecuado de sus propiedades, sin tener en cuenta los procesos matemáticos necesarios para reducir una fórmula a su mínima expresión	El estudiante no formula los modelos matemáticos necesarios para el estudio de los sistemas en equilibrio químico ni las semirreacciones químicas, además, presenta dificultades en los procesos para obtener expresiones matemáticas y en reconocer y aplicar las propiedades de los logaritmos
		El estudiante aplica los modelos matemáticos para la construcción de gráficos que describan el comportamiento del sistema en equilibrio	El estudiante aplica los modelos matemáticos para la construcción de gráficos que describan el comportamiento del	El estudiante no aplica los modelos matemáticos (o no los determinó previamente) para la

	Diseño de representaciones gráficas	químico teniendo en cuenta cada una de las variables, haciendo uso adecuado de la hoja de cálculo, eligiendo el tipo de gráfico pertinente y las escalas de los ejes en función del p_e (potencial de electrones) y $\text{Log } n_i$ (moles de la especie)	sistema en equilibrio químico, sin embargo, presenta dificultades en la construcción del gráfico debido al uso inadecuado de variables, la elección del tipo de gráfico y la definición de escalas para el p_e (potencial de electrones) y $\text{Log } n_i$ (moles de la especie)	construcción del gráfico, además, presenta falencias en el manejo de la hoja de cálculo y en redactar las fórmulas matemáticas obtenidas en el algoritmo de la aplicación imposibilitando la elaboración del gráfico
Conceptual	Relación entre contexto y contenido disciplinar	El estudiante integra los entramados o redes conceptuales abordados en el curso con los contextos disciplinar, metadisciplinar y cotidiano, demostrando una correcta apropiación de los conceptos, fenómenos y modelos químicos; en otros contextos de tipo tecnológicos, ambientales, históricos y sociales, evidenciando así la importancia, utilidad e	El estudiante relaciona algunos conocimientos abordados en el curso con los contextos disciplinar, metadisciplinar o cotidiano, sin embargo, demuestra que presenta algunas falencias conceptuales, lo que supone dificultades en la relación de situaciones de tipo tecnológicas, ambientales, históricas y sociales con los	El estudiante desconoce la relación entre los conocimientos abordados en el curso con los contextos disciplinar, metadisciplinar y cotidiano, lo que demuestra falencias para trasladar conocimientos disciplinares a

		interacciones de los contenidos disciplinares con la vida cotidiana	conocimientos disciplinares que posee	situaciones contextualizadas
	Capacidad de análisis y argumentación	El estudiante demuestra un alto nivel de análisis y argumentación, puesto que, tiene en cuenta el fenómeno en cuestión y se apoya en materiales académicos como: artículos, libros, revistas, documentos, etc., para validar sus afirmaciones y posturas frente a un problema planteado, realizando en paralelo procesos como: formulación de hipótesis, clasificación e interpretación de datos para llevar a cabo una adecuada resolución del problema	El estudiante demuestra un nivel de análisis y argumentación moderado, puesto que, para validar afirmaciones y posturas, se apoya de material poco confiable o sus afirmaciones son débiles, ya que tiende a pasar por alto algunas proposiciones, esto supone que la resolución del problema presente carencias de algunos elementos que brindan solidez a sus argumentos	El estudiante demuestra tener un nivel de análisis y argumentación bajo, puesto que, no valida sus afirmaciones y posturas, o no da respuesta directa al problema planteado, los argumentos son débiles al no existir elementos que justifiquen la validez de los mismos o directamente no existan dichos argumentos

8.3.1. Evaluación cualitativa y cuantitativa de la actividad #1

En general, la actividad #1 fue diseñada de manera intuitiva, desglosando el procedimiento global en sus partes más sencillas con el objetivo de que el lector pudiera reconocer cada una de las partes que componen el procedimiento, para después realizar un análisis de un equilibrio químico redox a partir de la construcción de un diagrama de zonas de predominio. De esta manera, la actividad se diseñó en dos puntos, el primero netamente dirigido a la construcción del diagrama y el segundo hacia la discusión del texto enfocado hacia el contexto histórico, económico y político planteado en el inicio de la actividad con el cual se buscaba identificar habilidades científicas de argumentación, capacidad de análisis y relación entre contextos disciplinares y cotidianos.

La evaluación cualitativa se realizó como se indicaba anteriormente con la rúbrica de evaluación propuesta para la secuencia didáctica, mientras que, el apartado cuantitativo de la actividad se evaluó de manera que cada proceso tuviera el mismo valor porcentual que los otros, consecuentemente, se plantearon 9 ítems a evaluar cuantitativamente: planteamiento del sistema, planteamiento de las constantes de equilibrio químico redox, balance material y de especies, elaboración del diagrama logarítmico, capacidad de análisis, consecuencias de alterar variables determinadas, argumento de la inestabilidad de la especie Cu^+ , nivel de argumentación en la postura 1 y 2 del segundo punto; estos 9 ítems se resumieron en 3 categorías de evaluación cualitativa: (1) Formulación y resolución de modelos matemáticos y diagramas, (2) Capacidad de análisis y argumentación y (3) nivel de relación entre contextos disciplinar, meta-disciplinar y cotidiano. El 66 % de los estudiantes obtuvieron una valoración cualitativa avanzada, mientras que el 44% restante obtuvo una valoración cualitativa Básica, lo que directamente evidencia que la primera sesión tuvo un impacto positivo en la manera en que los estudiantes abordan este tipo de problemas respecto al equilibrio químico redox, a continuación, se hace una descripción más detallada de la evaluación con respecto a las 3 categorías evaluativas mencionadas:

8.3.1.1. Formulación y resolución de modelos matemáticos y diagramas

El 100% de la población, es decir, los 12 estudiantes, lograron formular correctamente las expresiones necesarias para estudiar el problema planteado desde las semirreacciones del equilibrio químico redox hasta las expresiones de pKd y Kd , realizando además de manera adecuada el balance de material y el balance de especies aplicando además sus conocimientos en matemáticas y álgebra para reducir las expresiones de las especies de los iones Cu^{2+} , Cu^{1+} y Cu^0 a su forma logarítmica por medio de procesos de despeje, factorización y logaritmicación. A continuación, se presentan los modelos matemáticos para las 3 especies del Cu, según lo planteado por el estudiante 1:

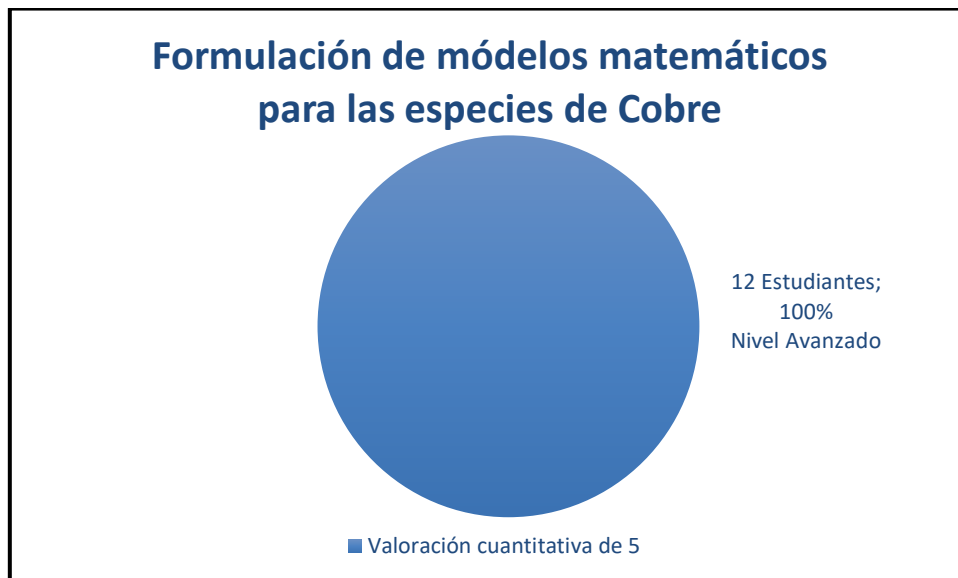
$$\text{Log } n_{\text{Cu}^0} = \text{Log } n_T - \text{Log} \left[1 + \frac{\text{Kd}_2}{[\text{e}^-]} + \frac{\text{Kd}_1 \text{Kd}_2}{[\text{e}^-]^2} \right]$$

$$\text{Log } n_{\text{Cu}^+} = \text{Log } n_T - \text{Log} \left[\frac{[e^-]}{Kd_2} + 1 + \frac{Kd_1}{[e^-]} \right]$$

$$\text{Log } n_{\text{Cu}^{2+}} = \text{Log } n_T - \text{Log} \left[\frac{[e^-]^2}{Kd_1Kd_2} + \frac{[e^-]}{Kd_1} + 1 \right]$$

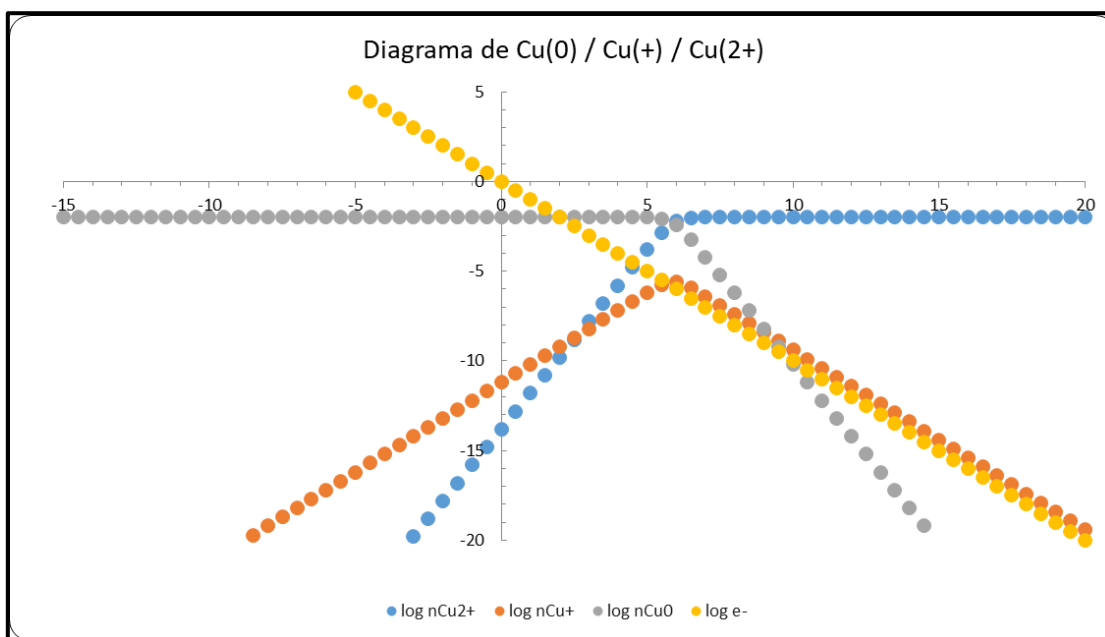
El *grafico 4*. demuestra el balance porcentual respecto al número de estudiantes y sus valoraciones cuantitativas, teniendo en cuenta las escalas de valoración asignada en la rúbrica de evaluación de la secuencia didáctica para resolución de problemas matemáticos.

Gráfico 4. Formulación de modelos matemáticos para las especies del Cobre en equilibrio químico redox. Elaboración propia.



Se esperaba entonces que los estudiantes a partir de los modelos matemáticos planteados, del pilotaje de las actividades de la primera sesión y de sus conocimientos previos en informática; estuvieran en la capacidad de utilizar la aplicación Excel para construir el diagrama logarítmico de las especies del Cu de manera adecuada, sin embargo, en este punto solo el 41,66% de la población, es decir, 5 estudiantes, lograron elaborar el diagrama de manera adecuada, como es el caso del estudiante 5, cuyo diagrama se presenta en el *gráfico 5*.

Gráfico 5. Diagrama logarítmico para las especies del cobre en equilibrio químico. Estudiante 5.

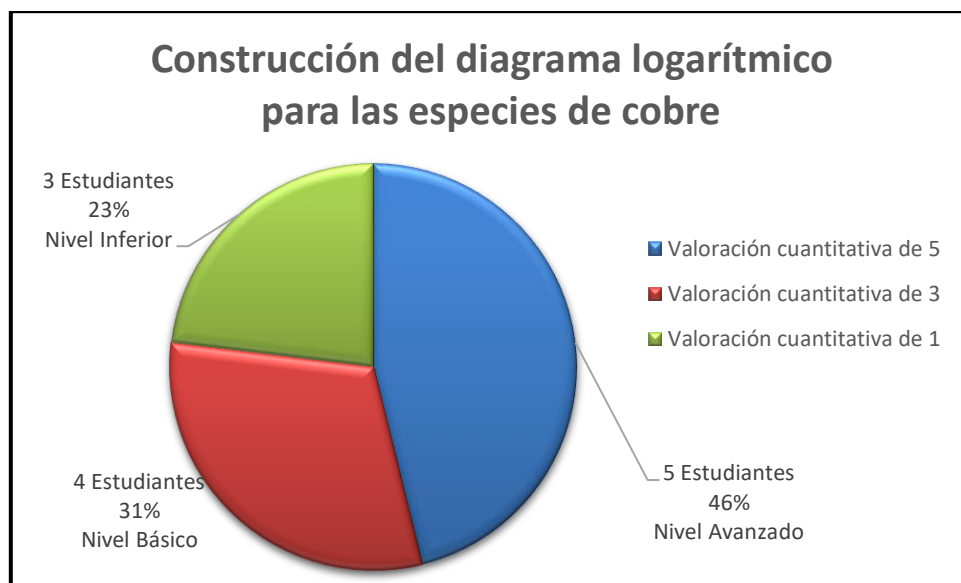


4 estudiantes, tuvieron errores en el diagrama debido a falencias al momento de graficar, realizar el cálculo de las ecuaciones determinadas en una celda en la hoja de Excel y/o realizar la digitación, por ejemplo, la estudiante 2, en una de las ecuaciones le asignó a la variable n_{e^-} un signo “\$” en la ecuación del $\log n_{Cu^0}$, lo que el programa reconocerá como una constante, de allí en adelante los valores para esa especie a lo largo del pe se entenderán como errores de digitación, por ello el diagrama de la estudiante presenta un error de linealidad para dicha especie. De manera similar sucedió con otros estudiantes.

3 estudiantes, no lograron realizar adecuadamente el diagrama logarítmico, por diversas razones, por ejemplo, el estudiante 8 tuvo un error en digitación y ejecución de los comandos de Excel ya que para hallar la variable n_{e^-} utilizó la ecuación $n_{e^-} = 10^{pe}$ cuando el exponente debería tener un signo negativo, lo cual hizo que la gráfica tomara valores demasiado altos e incoherentes al estudio en cuestión ya que no se relacionaban con el potencial de electrones, con las constantes ni con las expresiones utilizadas en el anterior paso para hallar $\log n_i$.

El gráfico 6. demuestra el balance porcentual respecto al número de estudiantes y sus valoraciones cuantitativas, teniendo en cuenta las escalas de valoración asignada en la rúbrica de evaluación de la secuencia didáctica para diseño de representaciones gráficas.

Gráfico 6. Evaluación de la construcción del diagrama logarítmico para las especies del Cobre. Elaboración propia.



8.3.1.2. Capacidad de análisis y argumentación

En esta categoría, 4 estudiantes, demostraron un alto nivel de capacidad de análisis y argumentación, respecto al planteamiento realizado en el punto F. demostrando que tienen en cuenta el fenómeno en cuestión, además, realizan en paralelo procesos relacionados con la: formulación de hipótesis, clasificación e interpretación de datos. Un ejemplo es el estudiante 11 quien entre otras palabras afirmó "...Al modificar el volumen y la concentración se puede evidenciar que el punto de equilibrio no cambia, el comportamiento lineal de las especies es el mismo, al igual que su comportamiento de reducción u oxidación sigue siendo igual a volúmenes mayores o iguales a 0,1L y a concentraciones de 0,1 M."

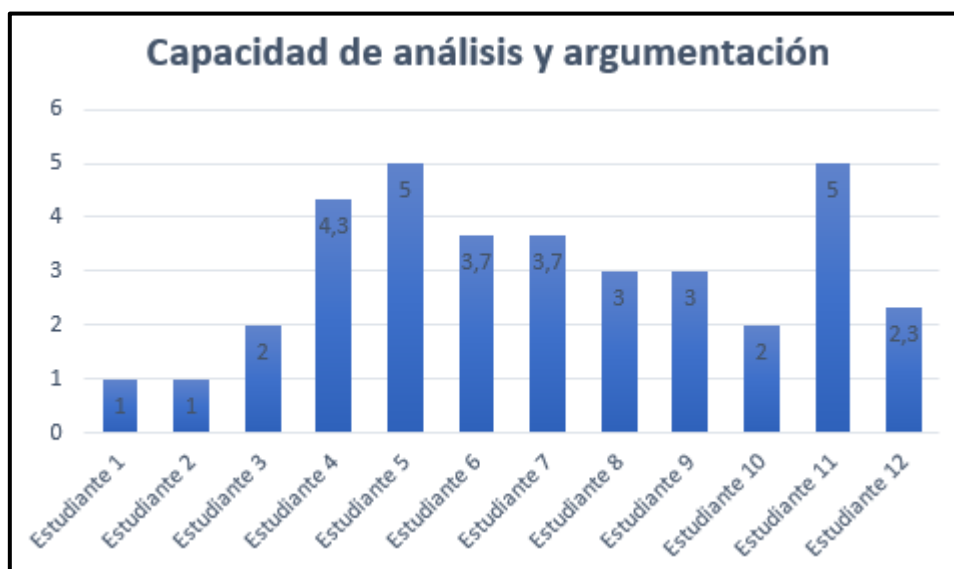
Los estudiantes 4 y 9, demostraron un nivel de análisis y argumentación básico, esto ya que por ejemplo, la respuesta del estudiante 4 a este punto fue: "cuando modificamos la concentración o el volumen en la hoja de cálculo, la función se desplaza verticalmente, sin embargo, se mantiene el comportamiento de las funciones", aunque la explicación da respuesta a la pregunta, lo hace de manera no implícita ya que el estudiante no explica la razón del cambio, tampoco hace referencia al fenómeno redox ni menciona la variable n_{e^-} en su respuesta, ya que es esta variable la que se modifica, y por ende afecta directamente a $\log n_{e^-}$, que corresponde al eje y del diagrama, por ello no da respuesta directa a la pregunta en cuestión.

Por último, 4 estudiantes, obtuvieron una valoración inferior en esta categoría ya no validaron sus afirmaciones y posturas, los argumentos fueron débiles al no existir

elementos que justificaran la validez de los mismos o directamente no se encontraron dichos argumentos en la justificación de la respuesta.

El *grafico 7*. demuestra el balance porcentual respecto al número de estudiantes y sus valoraciones cuantitativas, teniendo en cuenta las escalas de valoración asignada en la rúbrica de evaluación de la secuencia didáctica para diseño de capacidad de análisis y argumentación.

Gráfico 7. Evaluación cuantitativa respecto a la capacidad de análisis y argumentación de los estudiantes en la actividad 1. Elaboración propia.



8.3.1.3. Nivel de relación entre contextos disciplinar, meta-disciplinar y cotidiano

Para esta categoría se tuvieron en cuenta los dos numerales planteados en el segundo punto de la actividad #1, en el primer numeral 9 estudiantes demostraron un nivel de dominio superior, ya que lograron integrar las redes conceptuales abordadas durante el pilotaje de la secuencia con los contextos disciplinar, metadisciplinar y cotidiano, demostrando una correcta apropiación de los conceptos, fenómenos y modelos químicos; un ejemplo de ello es el estudiante 6 quien planteó que "...La explotación minera tanto legal como ilegal está acabando con el medio ambiente porque destruyen grandes fuentes de agua afectando gravemente la biodiversidad, también el barrido de la vegetación, tierras sin vida por millones de años debido a la contaminación de suelos, también manejo de grupos armados adueñados de territorios la gente que vive alrededor de estas minas están practicando la minería ilegal generando un mayor impacto ambiental ya que ellos no tienen el control de los químicos utilizados para la extracción de minerales..." A ello agregó que "aunque el cobre en sus diferentes estados de oxidación puede ser dañino para el medio ambiente, también, es de vital importancia para la vida cotidiana y que por ello no se va reducir su índice de explotación, sino que por el

contrario este tiende a aumentar, sin embargo, es necesario implementar medidas para lograr disminuir el daño al medio ambiente”

El restante de la población, presentó algunas carencias en la redacción y/o estructura del texto redactado, además de no relacionar directamente el contexto presentado con las temáticas propias del curso que tienen que ver con el tema de equilibrio químico redox demostrando falencias para trasladar conocimientos disciplinares a situaciones contextualizadas, tal fue el caso del estudiante 12 quien presentó el argumento: “Genera grandes riquezas a las multinacionales y regalías al país, que pueden ser invertidas en educación, salud y otras necesidades de la población nacional.” En este caso el estudiante tuvo una valoración inferior debido a que únicamente presentó argumentos a favor de la explotación de cobre en Colombia, ignorando completamente el daño que le causa esta a la naturaleza, el impacto social y el contexto disciplinar en el que se enmarca la pregunta.

En cuanto al segundo numeral del segundo punto, 7 de los estudiantes tuvieron un nivel de dominio avanzado, ya que tuvieron en cuenta el fenómeno en cuestión para validar sus afirmaciones y posturas frente al problema de la intervención de empresas extranjeras en la explotación local de cobre, realizando en paralelo procesos de: formulación de hipótesis, clasificación e interpretación de datos. El estudiante 7 argumentó que “la intervención de las empresas extranjeras puede en sí tener un desarrollo económico en el sentido que le pueden aportar algo al país por sus grandes flujos de inversiones diciendo que la minería puede ser un motor de un buen desarrollo para el país, pero al mismo tiempo no, ya que este aporte es muy mínimo a lo que en verdad vale el recurso que se está explotando, y además a ello nos causan grandes problemas ambientales no reversibles, trayendo muchos daños para el ambiente y para la salud humana por toda la contaminación generada a la hora de realizar la explotación.” Esta fue una de las respuestas más completas ya que tuvo en cuenta la mayoría de los factores de riesgo asociados a la inmersión de empresas extranjeras en la economía local.

Los 5 estudiantes restantes, corresponden a los estudiantes que obtuvieron una valoración cualitativa básica e inferior respectivamente; esta evaluación se realizó con base en sus argumentos y nivel de análisis planteados en la rúbrica de evaluación.

El *grafico 8*. demuestra el balance porcentual respecto al número de estudiantes y sus valoraciones cuantitativas, teniendo en cuenta las escalas de valoración asignada en la rúbrica de evaluación de la secuencia didáctica para la relación contexto-contenido disciplinar

Gráfico 8. Evaluación cualitativa respecto al nivel de relación entre contexto y contenido disciplinar de la actividad 1. Elaboración propia.



8.3.2. Evaluación cualitativa y cuantitativa de la actividad #2

8.3.2.1 Resolución de problemas matemáticos y construcción de gráficos

El primer punto de la actividad #2 “Toxicidad del plomo”, corresponde a la formulación de modelos matemáticos coherentes en relación con el sistema en equilibrio para las especies de Plomo con estado de oxidación 0, 2+ y 4+, si bien el punto expresa “En una hoja de cálculo realice el diagrama logarítmico correspondiente para volumen 0,35 L y concentración 0,12 M, de las especies del Plomo implicadas en las anteriores semirreacciones.” Para ello se debe realizar el procedimiento matemático necesario para la construcción del diagrama logarítmico.

Se evidenció en la actividad que los estudiantes que presentan dificultades en la formulación de modelos lo hacen desde su articulación con los conceptos de equilibrio químico, concretamente, plantear los sistemas en equilibrio para las semirreacciones, por lo que, no es posible realizar el planteamiento de modelos matemáticos, dichos estudiantes que presentan dificultades corresponden a 4 estudiantes, los cuales, demostraron poseer un nivel inferior según la rúbrica de evaluación de la secuencia didáctica con la misma valoración cuantitativa

Los 8 estudiantes demostraron poseer un nivel avanzado, además, los estudiantes demostraron un gran dominio respecto a la articulación entre los conceptos de equilibrio químico y los modelos matemáticos, concretamente, el planteamiento del sistema en

equilibrio, el cálculo de las constantes K_d a partir de los potenciales estándar redox de las semirreacciones, el balance en términos de moles, el cálculo de las expresiones para las especies y la aplicación de la función logaritmo a cada expresión para la construcción del diagrama. A continuación, se presentan los modelos matemáticos para las 3 especies del Plomo, según lo planteado por el estudiante 9:

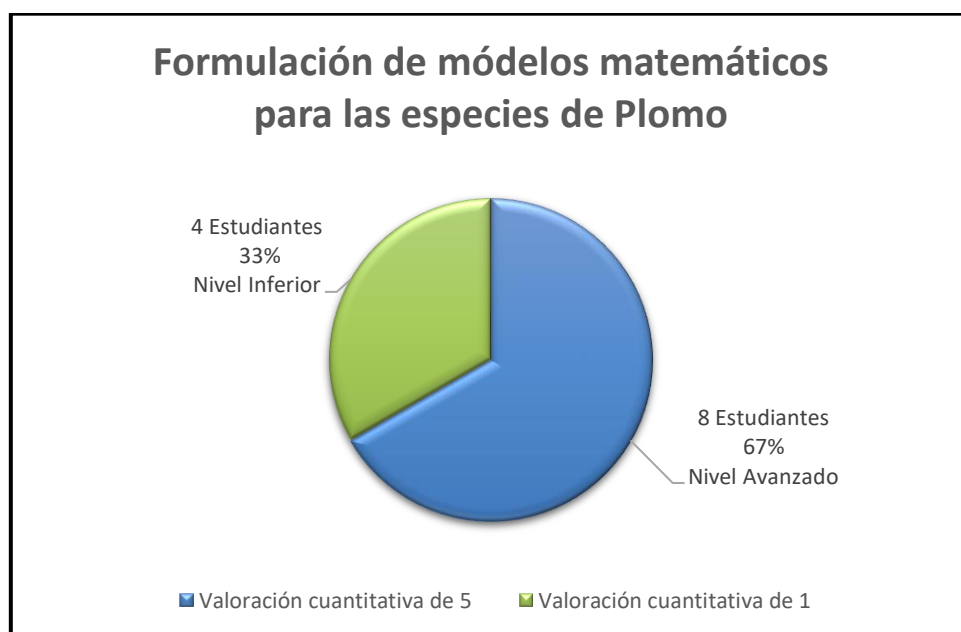
$$\log n_{Pb^0} = \log n_0 - \log \left[1 + \frac{Kd_1}{[e^-]^2} + \frac{Kd_2 Kd_1}{[e^-]^4} \right]$$

$$\log n_{Pb^{2+}} = \log n_0 - \log \left[\frac{[e^-]^2}{Kd_1} + 1 + \frac{Kd_2}{[e^-]^2} \right]$$

$$\log n_{Pb^{4+}} = \log n_0 - \log \left[\frac{[e^-]^4}{Kd_2 Kd_1} + \frac{[e^-]^2}{Kd_2} + 1 \right]$$

El gráfico 9. demuestra el balance porcentual respecto al número de estudiantes y sus valoraciones cualitativas y cuantitativas, teniendo en cuenta las escalas de valoración asignada en la rúbrica de evaluación de la secuencia didáctica para resolución de problemas matemáticos

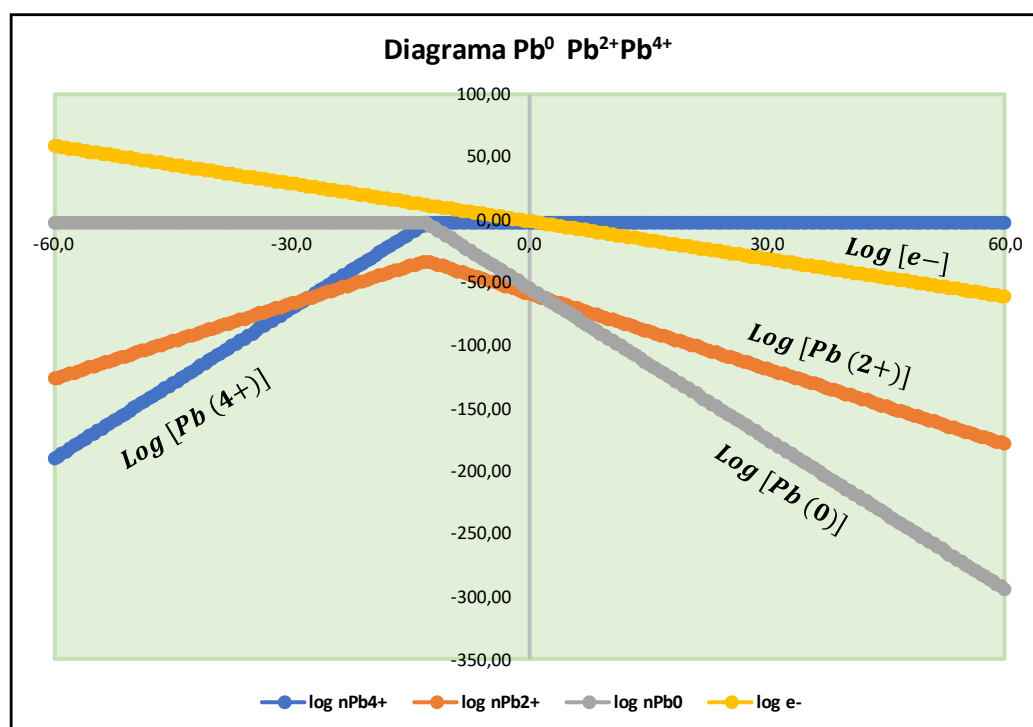
Gráfico 9. Formulación de modelos matemáticos para las especies del Plomo en equilibrio químico redox. Elaboración propia.



Respecto a la construcción del diagrama logarítmico, el análisis es similar, 8 de los estudiantes construyeron el diagrama logarítmico para las especies de Plomo con estado

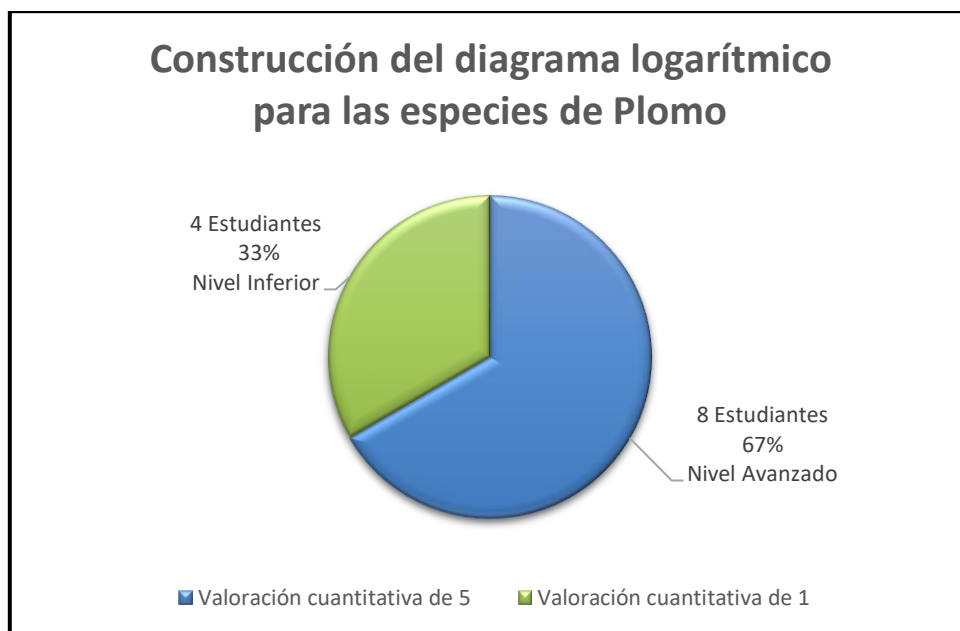
de oxidación 0, 2+y 4+, los 8 estudiantes obtuvieron un nivel avanzado, sin embargo, 4 de los estudiantes al realizar de forma equivocada el cálculo de las expresiones para las especies de Plomo, el grafico obtenido en la hoja de cálculo no va a corresponder al sistema teórico planteado, además de no poder realizar el análisis correspondiente, puesto que, las funciones presentes en el diagrama obtenido no van a ser coherentes y pertinentes para realizar un análisis del sistema teórico, por ende, su nivel es básico, según la rúbrica de evaluación. A continuación, se presenta el diagrama logarítmico para las 3 especies del Plomo, según lo planteado por el estudiante 4:

Gráfico 10. Diagrama logarítmico para las especies del Plomo en equilibrio químico. Estudiante 4.



El gráfico n. demuestra el balance porcentual respecto al número de estudiantes y sus valoraciones cualitativas y cuantitativas, teniendo en cuenta las escalas de valoración asignada en la rúbrica de evaluación de la secuencia didáctica para diseño de representaciones gráficas, cabe resaltar la similitud con respecto a las valoraciones obtenidas en la formulación de los modelos matemáticos.

Gráfico 11. Evaluación de la construcción del diagrama logarítmico para las especies del Plomo. Elaboración propia.



8.3.2.2. Capacidad de análisis, argumentación y relación entre contexto y contenido disciplinar

El segundo punto de la actividad #2 “Toxicidad del plomo”, corresponde a la articulación entre cálculos matemáticos con la capacidad de análisis y argumentación, esto se hace por medio de un punto el cual expresa “Teniendo en cuenta la concentración planteada en el primer punto (a condiciones estándar) y el contexto planteado en la lectura, argumente si dicha concentración sería tóxica o no en niños y adultos”, el punto buscaba que los estudiantes argumentaran si una concentración de 0,12 M es tóxica teniendo en cuenta que la concentración tóxica está entre $\geq 70 \mu\text{g/dL}$ en niños y $\geq 100 \mu\text{g/dL}$ en adultos. (Ferrer, 2003).

Se evidenció que los estudiantes en su mayoría no hicieron un correcto uso de las unidades, con ello, el cálculo cambio de unidades de concentración de mol/L a $\mu\text{g/dL}$, es erróneo, por ende, el análisis y argumentación no tendría un sustento real, el porcentaje de estudiantes que presentaron estas dificultades respecto a la conversión de unidades fue del 91,7%, el valor corresponde a 11 estudiantes, el otro estudiante faltante, realizó el cálculo, con un uso correcto de las unidades de concentración y la conversión de unidades, además de presentar un argumento sólido desde el contexto planteado, por lo que, solo un estudiante presenta un nivel avanzado y 11 presentan nivel inferior. A continuación, se presenta el cálculo de conversión de unidades y argumento, según lo planteado por el estudiante 11:

Conversión de Moles a g

$$0,12 \text{ moles de Pb} * \frac{207,2 \text{ g de Pb}}{1 \text{ mol de Pb}} = 24,86 \text{ g de Pb}$$

Conversión de g a μg

$$24,86 \text{ g de Pb} * \frac{1000000 \mu\text{g}}{1 \text{ g de Pb}} = 24,86 \mu\text{g de Pb}$$

Conversión de L a ml

$$0,35 \text{ L} * \frac{1000 \text{ ml}}{1 \text{ L}} = 350 \text{ ml}$$

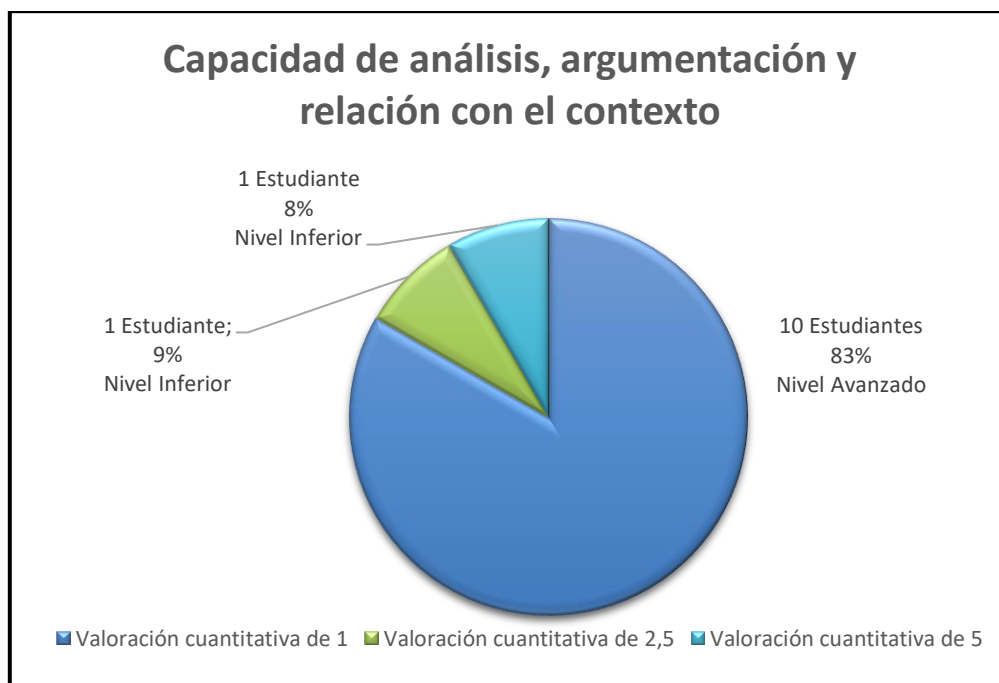
Conversión de ml a dl

$$350 \text{ ml} * \frac{1,0 \text{ dl}}{100 \text{ ml}} = 3,5 \text{ dl}$$
$$\frac{24,86 \mu\text{g de Pb}}{3,5 \text{ dl}} = 7,10 \mu\text{g/dl de Pb}$$

Así pues, la concentración que se tiene no es toxica para niños y adultos debido a que esta por debajo del rango de intoxicación de los intervalos reportados por Ferrer,2003 ,(35 y 50 $\mu\text{g/dL}$ en niños y 40-60 $\mu\text{g/dL}$ en adultos)este valor es de (7,10 $\mu\text{g/dL}$), esto quiere decir que según el autor esta cantidad en niños y adultos no provoca una intoxicación severa.

El *grafico 12.* demuestra el balance porcentual respecto al número de estudiantes y sus valoraciones cualitativas y cuantitativas, teniendo en cuenta las escalas de valoración asignada en la rúbrica de evaluación de la secuencia didáctica para diseño de capacidad de análisis, argumentación y relación contexto-contenido disciplinar.

Gráfico 12. Evaluación cualitativa respecto a la capacidad de análisis y argumentación de los estudiantes en la actividad #2. Elaboración propia.



8.3.3. Evaluación cualitativa y cuantitativa de la actividad #3

8.3.3.1 Resolución de problemas matemáticos y construcción de gráficos

El primer punto de la actividad #3 “TOXICOLOGÍA DEL CROMO” buscaba la construcción de un diagrama logarítmico para el estudio del comportamiento redox teórico de las especies de Cromo con estado de oxidación 0, 3+ y 6+, para ello se debe en primera instancia realizar la formulación matemática necesaria para obtener expresiones que permitan el cálculo de cada una de las especies de Cromo, sin embargo, la actividad #2 presentaba un nivel de dificultad más alto que la actividades previas, puesto que, para ello se debía hacer un análisis previo respecto a las zonas de predominio de las especies para formular el modelo matemático, teniendo en cuenta dicho análisis, se planteaban ecuaciones para cada intervalo del potencial de electrones y posteriormente construir el diagrama logarítmico en una hoja de cálculo.

De los 12 estudiantes, 2 estudiantes presentaron dificultades en el análisis de zonas de predominio, puesto que, en la formulación de modelos matemáticos no se incluía dicho análisis, por ende, las expresiones se encontraban incompletas, los dos estudiantes presentaron un nivel inferior en la rúbrica de evaluación de la secuencia didáctica, siendo sus valoraciones cuantitativas de 2 y 1,5.

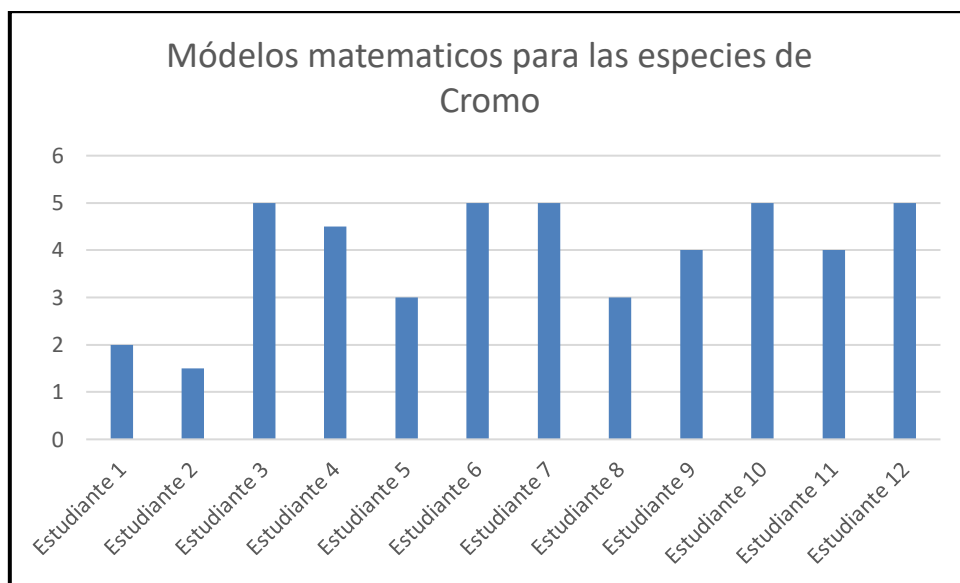
2 estudiantes, presentaron dificultades para aplicar la igualación y el despeje de las expresiones, si bien el análisis de zonas de predominio se encontraba presente, las ecuaciones presentaban errores de signos, por ende, las ecuaciones finales se encontraban erradas. Los estudiantes presentaron un nivel básico según la rúbrica de evaluación de la secuencia didáctica, siendo su valoración cuantitativa de 3 para los dos.

Por otra parte, los 8 estudiantes restantes realizaron un análisis correcto de las zonas de predominio y un despeje correcto de las expresiones para cada una de las especies de Cromo, sin embargo, 3 estudiantes en el apartado de aplicar la función logaritmo presentaron dificultades en la simplificación de las mismas, por ende, las ecuaciones finales se encontraban erradas, si bien los gráficos tenían las mismas tendencias en sus funciones, las ecuaciones presentaban esos errores. Los 9 estudiantes presentan un nivel Avanzado según la rúbrica de evaluación de la secuencia didáctica, sin embargo, respecto a las valoraciones cuantitativas, 5 estudiantes presentan una valoración de 5, respecto a los 3 estudiantes faltantes, sus valoraciones fueron de 4, 4.5 y 4. A continuación, se presentan los modelos matemáticos para las 3 especies del Cromo, según lo planteado por el estudiante 3:

	$pe \ll pKd_2/3 = -12,3$	$pKd_2/3 \ll pe \ll pKd_1/6 = 22,2$	$pe \gg pKd_1/6 = 22,2$
$\log n_{Cr^0}$	$\log n_T$	$\log n_T + pKd_1 - 3pe$	$\frac{1}{2}(\log [n_T] + pKd_2) + pKd_1 - 6pe$
$\log n_{Cr^{3+}}$	$\log n_T - pKd_1 + 3pe$	$\log n_T$	$\frac{1}{2}(\log [[n_T] + pKd_2) - 3pe$
$\log n_{Cr_2O_7^{2-}}$	$2 \log [n_T] - 2 pKd_1 - pKd_2 + 12pe$	$2 \log n_T - pKd_2 + 6pe$	$\log n_T + 0,03$

El *grafico 13*. presenta las valoraciones cuantitativas de la formulación de modelos matemáticos, teniendo en cuenta la escala de valoración asignada en la rúbrica de evaluación de la secuencia didáctica para la resolución de problemas matemático.

Gráfico 13. Formulación de modelos matemáticos para las especies del Cromo en equilibrio químico redox. Elaboración propia.



Respecto a la construcción del gráfico, a diferencia de la actividad #2 “Toxicidad del plomo”, en este ítem no se encuentra la correspondencia entre la valoración para las expresiones y la valoración para la construcción del diagrama logarítmico, para la construcción del gráfico se debían tener en cuenta las zonas de predominio de cada una de las especies y tener en cuenta las expresiones matemáticas de cada intervalo del potencial de electrones.

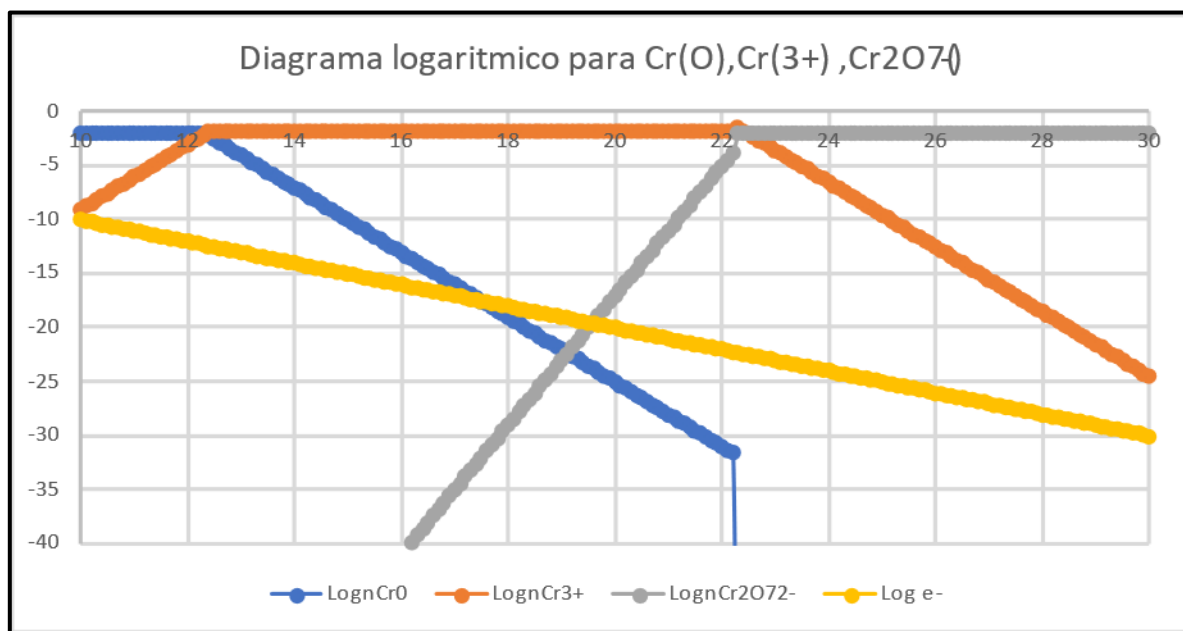
De los 12 estudiantes, 4 presentaron dificultades precisamente por obtener expresiones matemáticas erradas, al presentar estos errores, los diagramas logarítmicos para las especies de Cromo se encontraba errado, las funciones para cada especie no eran coherentes para el análisis correcto del diagrama, si bien los estudiantes tienen en cuenta las zonas de predominio para cada especie, las ecuaciones no eran las correctas para realizar el gráfico, por ende, el diagrama no era el adecuado para realizar el análisis correspondiente. Los estudiantes presentan un nivel inferior según la rúbrica de evaluación de la secuencia didáctica, presentando una valoración cuantitativa de 1 según la escala propuesta.

2 estudiantes presentan diagramas logarítmicos con funciones de las cuales se aproximan al comportamiento de las especies respecto a las zonas de predominio. Teniendo en cuenta el análisis previo respecto al planteamiento y formulación de modelos matemáticos, las funciones se aproximan, pero no son las correctas para el sistema teórico, 2 de los estudiantes presentan dicho error debido al despeje incorrecto de las expresiones. Según la rúbrica de evaluación de la secuencia didáctica, los estudiantes presentan un nivel Avanzado, con una valoración cuantitativa de 4.

2 estudiantes presentan errores respecto al manejo de la hoja de cálculo, puesto que, presentan las ecuaciones con un despeje correcto y las simplificaciones adecuadas, también los estudiantes tienen en cuenta los intervalos de las zonas de predominio, pero la fórmula para el cálculo presenta errores, ya que, en las hojas de cálculo, particularmente en Excel, se debe ser minucioso en el uso de los paréntesis y por ello las funciones son similares a las esperadas con pequeños errores. Los 3 estudiantes presentan un nivel Avanzado según la rúbrica de evaluación de la secuencia didáctica, presentando una valoración cuantitativa de 4,5.

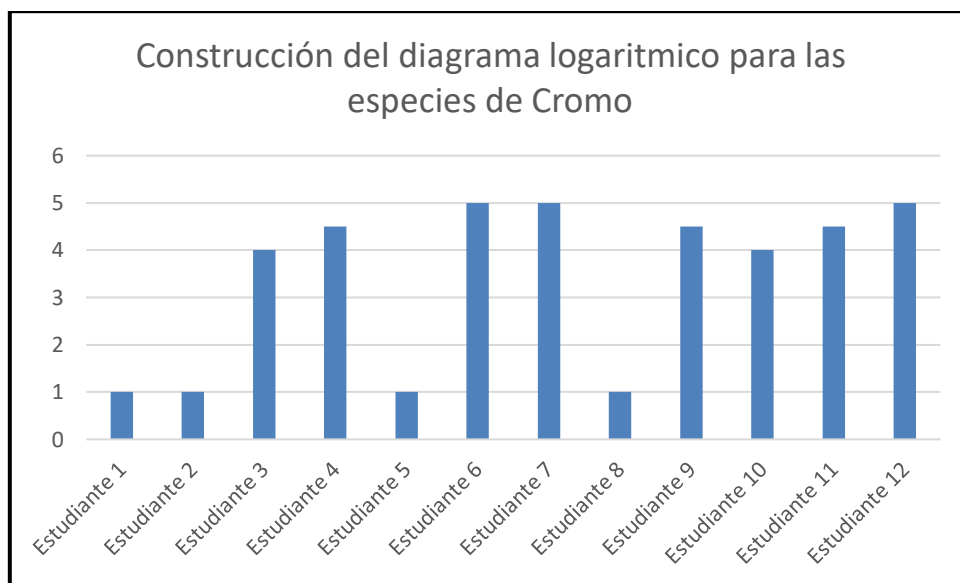
Por último, 4 estudiantes construyen diagramas logarítmicos idóneos para el estudio del sistema teórico redox de las especies de Cromo, dentro de la hoja de cálculo hacen un uso correcto y minucioso de los paréntesis en las fórmulas y tienen en cuenta los intervalos de las zonas de predominio, por ende, las ecuaciones correspondientes para cada intervalo. Según la rúbrica de evaluación de la secuencia didáctica, los estudiantes presentan un nivel Avanzado con una valoración cuantitativa de 5. A continuación, se presenta el diagrama logarítmico para 3 especies del Cromo, según lo planteado por el estudiante 6:

Gráfico 14. Diagrama logarítmico para las especies del Cromo en equilibrio químico. Estudiante 6.



El gráfico 15. presenta las valoraciones cuantitativas de la construcción del diagrama logarítmico, teniendo en cuenta la escala de valoración asignada en la rúbrica de evaluación de la secuencia didáctica.

Gráfico 15. Evaluación de la construcción del diagrama logarítmico para las especies del Cromo. Elaboración propia.



8.3.3.2. Capacidad de análisis y argumentación

Dentro del primer punto de la actividad #3 “toxicología del Cromo”, se encontraba un apartado para realizar el análisis correspondiente a la formulación de modelos matemáticos para el sistema de las especies de Cromo con estado de oxidación 0, 3+ y 6+, el análisis se esperaba que los estudiantes lo realizaran con respecto a las zonas de predominio de cada especie en el sistema, el punto del potencial de electrones (pe) en el cual una especie se oxida o se reduce y su relación con el pKd y la aproximación que se realiza para el despeje e igualación de las expresiones para construir el diagrama logarítmico.

Paralelamente dentro del primer punto de la actividad #3, se incluye un diagrama unidimensional de zonas de predominio, el cual revela la relación entre el pKd y los electrones presentes en la semirreacción con las zonas de predominio para las especies, en el cual, los estudiantes relacionaban la cantidad de electrones cedidos en la semirreacción con el pKd para determinar las zonas de predominio, además de hacer un comparativo entre el diagrama logarítmico y el diagrama unidimensional de zonas de predominio.

Respecto al análisis de la pertinencia de realizar las aproximaciones correspondientes a las zonas de predominio, 5 estudiantes presentan un nivel inferior según la rúbrica de evaluación de la secuencia, con una valoración cuantitativa de 1, el error presente en los estudiantes corresponde a argumentar desde el diagrama logarítmico y no desde la formulación de modelos matemáticos, si bien las zonas de predominio se deben tener en cuenta para la construcción del diagrama, el argumento no corresponde a la intención de

la pregunta. 2 estudiantes presentan el argumento desde la formulación de modelos matemáticos, sin embargo, se menciona la complejidad del despeje de las ecuaciones sin profundizar en un argumento, por lo que, presentan un nivel avanzado según la rúbrica de evaluación de la secuencia, con una valoración cuantitativa de 4. Por último, 4 estudiantes presentan el argumento desde la formulación de modelos matemáticos y la descripción de las aproximaciones correspondientes a cada zona de predominio, por lo que presentan un nivel avanzado según la rúbrica de evaluación de la secuencia, con una valoración cuantitativa de 5.

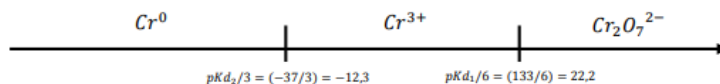
Respecto al análisis del diagrama unidimensional de zonas de predominio 4 estudiantes mencionan brevemente la predominancia de las especies, sin ningún argumento, por lo que, presentan un nivel inferior según la rúbrica de evaluación de la secuencia, con una valoración cuantitativa de 1. 1 estudiante no presenta un argumento, sin embargo, menciona brevemente la relación del pK_d y las zonas de predominio, por lo que, presenta un nivel básico según la rúbrica de evaluación de la secuencia, con una valoración cuantitativa de 3. Por último, 7 estudiantes argumentan la relación entre el cociente entre la pK_d de y y el número de electrones cedidos en la semirreacción con las zonas de predominio para cada especie y el punto de equilibrio entre 2 especies de cromo, el cual es el cociente previamente mencionado, por lo que, presentan un nivel avanzado según la rúbrica de evaluación de la secuencia, con una valoración cuantitativa de 5.

Por último, respecto a la relación entre el diagrama logarítmico y el diagrama unidimensional de zonas de predominio, existe una relación entre los estudiantes que presentaron un diagrama logarítmico erróneo y el punto, puesto que, los 4 estudiantes, no se observa una relación clara entre los dos diagramas, sin embargo, los estudiantes mencionan brevemente las zonas de predominio, por lo que, presentan un nivel inferior según la rúbrica de evaluación de la secuencia, con una valoración cuantitativa de 1. 8 estudiantes, presentan argumentos desde las zonas de predominio del sistema, la linealidad en función del potencial de electrones (p_e), el punto de equilibrio de dos especies el cual se determina con el cociente entre el pK_d y los electrones cedidos en la semirreacción, que a su vez, determina el punto del potencial de electrones (p_e) en el cual una especie se oxida o se reduce, por lo que, presentan un nivel avanzado según la rúbrica de evaluación de la secuencia, con una valoración cuantitativa de 5. A continuación, se presentan los argumentos propuestos por el estudiante 9:

E. Argumente ¿Por qué es pertinente hacer un estudio por zonas de predominio en este caso?

Es pertinente hacer un estudio por zonas de predominio en este caso puesto que se tienen tres especies del Cromo a analizar, este se realiza con el fin de saber que especie va a estar más presente que las demás a medida en que aumenta el p_e y conocer el punto en el que va a predominar en el sistema. En este caso con la realización del diagrama por zonas de predominio también se puede saber el punto específico en donde una especie va a dejar de predominar y va a cambiar su estado de oxidación. Así mismo, se puede observar que a medida en que el p_e aumenta la cantidad de e^- en el medio (n_e) disminuye.

F. Teniendo en cuenta el siguiente "Diagrama unidimensional de zonas de predominio" (DUZP):



- Explique la relación que hay entre los pKd y la cantidad de electrones cedidos por cada una de las especies y como se ve reflejado el cociente entre ellos en el diagrama elaborado en el punto D.

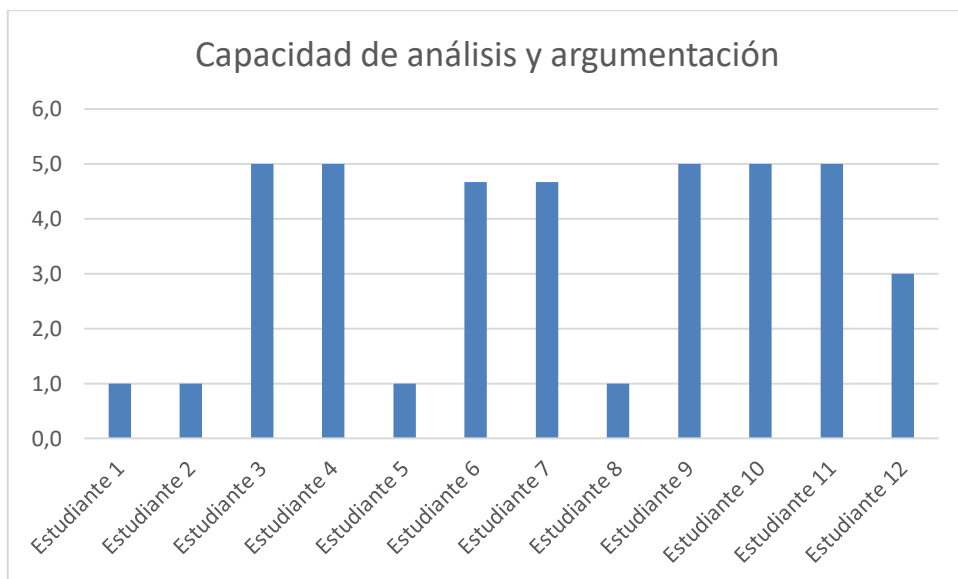
La relación que hay entre los pKd y la cantidad de electrones cedidos por cada una de las especies es que van a permitir determinar las zonas de predominio y para ello se debe tener en cuenta que estas zonas se calculan a partir de un punto de inflexión teórico que se va a ver reflejado en la gráfica en el punto específico del pe que indicaría cuando una especie se oxida o se reduce.

- ¿Qué relación encuentra entre este gráfico lineal y el diagrama logarítmico que realizó en el punto D?

Encuentro que tanto en el diagrama unidimensional de las zonas de predominio como en la gráfica que realicé se pueden observar los puntos de inflexión de cada una de las especies de Cromo, indicando cual es la especie más reducida (Cr^0) cual es la especie intermedia (Cr^{3+}) y cuál es la especie más oxidada ($Cr_2O_7^{2-}$).

El *grafico 16*. presenta un promedio de las valoraciones cuantitativas respecto a los 3 puntos de capacidad de análisis y argumentación, teniendo en cuenta la escala de valoración asignada en la rúbrica de evaluación de la secuencia didáctica.

Gráfico 16. Evaluación cuantitativa respecto a la capacidad de análisis y argumentación de los estudiantes en la actividad #3. Elaboración propia.



8.3.3.3. Relación entre contexto y contenido disciplinar

El segundo punto de la actividad #3 “TOXICOLOGÍA DEL CROMO” pretendía que los estudiantes argumentaran desde la lectura planteada en qué rango del potencial de electrones (pe) la especie predominante es la especie que no es tóxica, por lo que, se esperaba que mencionaran que el rango del potencial de electrones sea en el que la especie de Cromo 3+ es un oligoelemento (es toxica pero en exceso) predomine, puesto que el Cromo con estado de oxidación 6+ es la más toxica de todas y la especie de Cromo con estado de oxidación 0 no se especifica si es toxica o no.

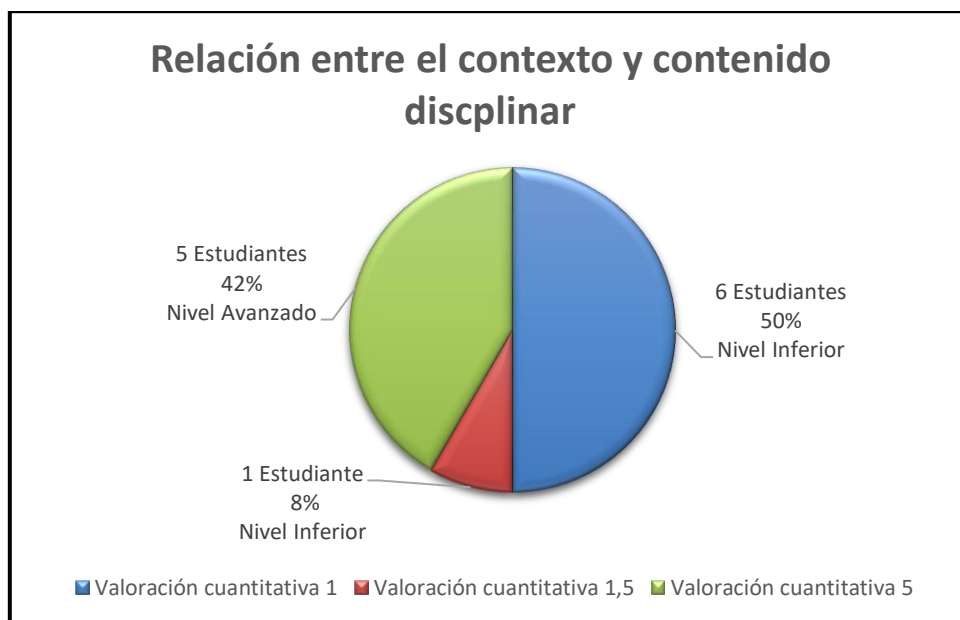
De los 12 estudiantes, 7 estudiantes mencionan que el rango del potencial de electrones es en el que la especie de Cromo en estado de oxidación 6+ predomina, esto se debe probablemente a la mala interpretación de la pregunta, puesto que, los estudiantes argumentan que esa es la especie que es toxica, sin embargo, la pregunta se refería a la especie que no era toxica, por lo que, presentan un nivel inferior según la rúbrica de evaluación de la secuencia, con una valoración cuantitativa de 2.

5 estudiantes, mencionan el rango en el cual predomina la especie que no es toxica, la cual es la especie de Cromo con estado de oxidación 3+, los estudiantes argumentaban que ese rango es el indicado puesto que, el Cromo en este estado de oxidación es un oligoelemento por lo que, presentan un nivel avanzado según la rúbrica de evaluación de la secuencia, con una valoración cuantitativa de 5. A continuación, se presenta el argumento relacionado con el contexto planteado según lo planteado por el estudiante 11:

Teniendo en cuenta lo que mencionan los diferentes autores sobre la importancia del Cr en nuestro cuerpo en especial el cromo III que tiene mayor beneficio para el humano debido a que su ingesta evita ciertas enfermedades y que ayuda a ciertas funciones vitales se puede decir que el rango del pe en el que debería estar es en el punto intermedio es este caso en el intervalo $-12,3 \ll Pe \ll 22, 2$ para no causar intoxicación en el cuerpo humano.

El *grafico 17*. demuestra el balance porcentual respecto al número de estudiantes y sus valoraciones cualitativas y cuantitativas, teniendo en cuenta las escalas de valoración asignada en la rúbrica de evaluación de la secuencia didáctica para para la relación entre contexto y contenido disciplinar.

Gráfico 17. Evaluación cualitativa respecto al nivel de relación entre contexto y contenido disciplinar de la actividad #3. Elaboración propia.



8.3.4. Evaluación de la promoción de habilidades científicas por prueba retest

8.3.4.1. Resultados y evaluación de la prueba retest en términos de promoción de habilidades científicas

Para el análisis estadístico se realizará una prueba retest que consiste en utilizar el mismo instrumento al comenzar el proceso y al finalizarlo; con el fin de calcular la correlación de los datos aplicando el coeficiente de correlación de Pearson.

Para realizar el análisis, es pertinente categorizar las afirmaciones en ítems, los cuales corresponden a las habilidades científicas a fortalecer en el presente estudio, para ello se presenta la siguiente tabla:

Tabla 6. Categorización de las afirmaciones que componen la prueba LIKERT en las 5 habilidades científicas preseleccionadas. Elaboración propia.

Habilidades	Afirmaciones
Hipotetizar	1, 19, 23, 8, 12, 22
Organizar	5, 15, 21
Analizar	6, 13, 16, 4, 17
Formular modelos	3, 9, 10, 2, 7, 18
Relacionar	11, 14, 20

La evaluación de la promoción de habilidades científicas en los participantes del proceso, se realizó con base en la escala LIKERT la cual se aplicó al iniciar y al finalizar el proceso, para esta evaluación se utilizó la técnica retest la cual sustenta la correlación entre datos a partir del coeficiente de Pearson, para realizar el respectivo análisis se diferenciaron cada una de las afirmaciones que componían la prueba LIKERT y se encasillaron en una de las 5 habilidades científicas que se buscaban promover, posteriormente se tabularon los valores de las respuestas de los estudiantes con respecto a cada categoría antes y después de la aplicación de la secuencia didáctica, por otra parte, se realizó un cálculo de la desviación estándar y el coeficiente de Pearson a cada una de las habilidades científicas y para finalizar se realizó un análisis gráfico de la correlación de los datos graficando test vs retest. Para efectos de análisis, se presenta a continuación una tabla que resume los datos obtenidos para cada una de las habilidades científicas, en donde:

- \bar{X}_t es el promedio de los datos obtenidos en el test (primera aplicación)
- \bar{X}_r es el promedio de los datos obtenidos en el retest (segunda aplicación)
- S_t es la desviación estándar de los datos del test
- S_r es la desviación estándar de los datos del retest
- r es el coeficiente de correlación de Pearson
- d es el coeficiente de determinación
- $\%_d$ es el porcentaje de determinación
- $100 - \%$ es el porcentaje de coeficiente de no determinación

Tabla 7. Resumen de los datos estadísticos obtenidos respecto a cada habilidad científica. Elaboración propia.

Habilidad	Hipotetizar	Organizar	Analizar	Formular modelos	Relacionar
\bar{X}_t	20,083	11,750	17,000	19,500	9,833
\bar{X}_r	21,833	12,833	18,250	21,417	11,250
S_t	2,151	1,960	1,279	3,060	1,337
S_r	2,125	1,267	1,603	2,234	1,422
r	0,779	0,897	0,843	0,818	0,837
d	0,607	0,804	0,710	0,669	0,700
$\%_d$	60,661	80,418	70,993	66,867	69,987
$100 - \%_d$	39,339	19,582	29,007	33,133	30,013

Fuente: Elaboración propia

Una característica muy importante del coeficiente de correlación de Pearson, en lo que respecta a su análisis en palabras de Hernández et al. (2018) es que “lo que mide el coeficiente de Pearson es la fuerza y la dirección de la relación lineal entre las variables.”, por ello se puede decir que hay una fuerte correlación entre 2 variables “x” y “y” si el coeficiente tiende a 1 o -1 alejándose así del 0, sin embargo, una fuerte correlación no necesariamente expresa un valor alto o bajo en los estándares de esta prueba, pues esto depende netamente de la naturaleza del estudio que se esté realizando, esto ya que hay casos en los que se busca identificar que tan estrechamente están correlacionadas dos variables, mientras que hay otros estudios como el presente, en los que se halla el grado de correlación para analizar que tanto varían los datos de una variable con respecto a la otra, siendo que a menor coeficiente mayor distanciamiento hay entre las variables, lo cual puede significar un alto valor para el estudio, como es el caso del test-retest.

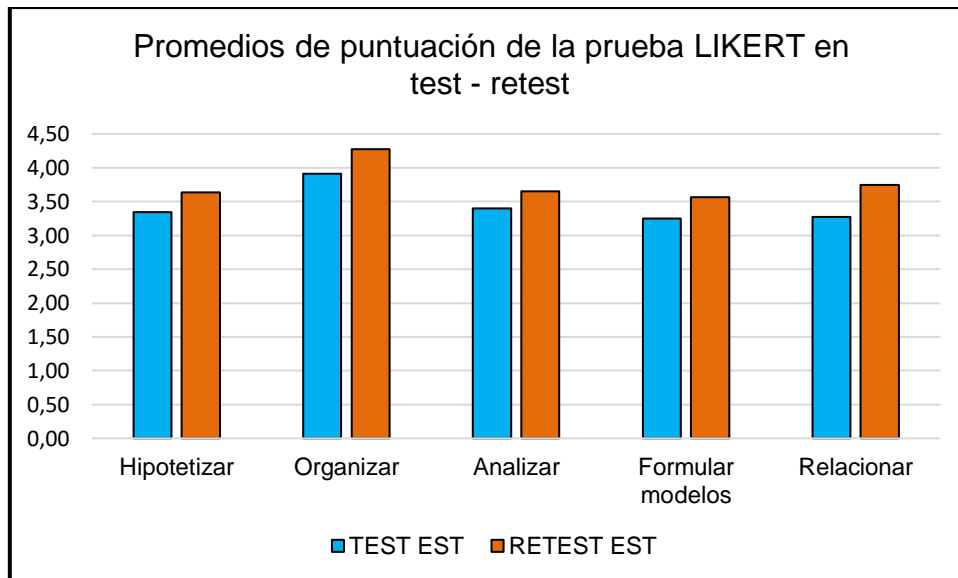
Con base en lo anterior, los valores para los coeficientes de correlación de Pearson de las habilidades que se buscaban promocionar: hipotetizar, Organizar, Analizar, Formular modelos y relacionar; fueron respectivamente: 0,779, 0,897, 0,843, 0,818 y 0,837; lo que indica que hubo en todos los casos una relación de asociación de los datos lineal positiva, esto indica que los valores promedio para cada una de las categorías después de aplicar (\bar{X}_r), aumentaron con respecto a los valores promedio antes de aplicar (\bar{X}_t), evidenciando matemáticamente que la pilotaje de la secuencia didáctica logró promocionar las habilidades científicas seleccionadas en $100 - \%_d$, que se puede deducir directamente a partir del coeficiente de determinación, multiplicándolo por 100, lo que expresaría el porcentaje de determinación, entonces, $100 - \%_d$ expresa directamente el porcentaje de no determinación, el cual para esta investigación en particular determina el porcentaje en el que se promocionó una habilidad científica en particular, ya que el análisis se realizó por categorías, así pues: la habilidad hipotetizar aumentó en un 39,339%, la habilidad Organizar aumentó en un 19,582%, la habilidad Analizar aumentó en un 33,133% y por último, la habilidad relacionar se promocionó en un 30,013%; aunque estos son valores netamente matemáticos y tienen asociados una determinada incertidumbre y varianza, por criterio de investigación es posible afirmar que estos porcentajes de promoción son debidos a la pilotaje de la secuencia didáctica y que fue esta la que ayudó a que los estudiantes presentaran una mejoría respecto a la primera aplicación de la LIKERT en la prueba test-retest.

Para realizar un análisis gráfico de los resultados y las evidencias de aprendizaje y promoción de habilidades científicas, se elaboró un gráfico de barras en el cual se pueden comparar los valores estandarizados de los promedios (\bar{X}_t y \bar{X}_r) de la aplicación de la prueba LIKERT, estos valores promedio se estandarizaron (es decir se redujeron a la escala de la prueba) teniendo en cuenta que cada habilidad científica tenía diferente cantidad de preguntas en la prueba, por lo cual, para establecer una escala absoluta y graficar, es necesario realizar el siguiente proceso matemático para cada variable (habilidad):

$$\bar{X}_{i \text{ estandar}} = \frac{\bar{X}_i}{n}$$

En donde n es el número de preguntas correspondientes a cada habilidad. Con base en dicha estandarización de datos, se construyó el gráfico 18.

Gráfico 18. Comparación de la escala LIKERT presentada por los estudiantes antes y después de aplicada la secuencia didáctica. Elaboración propia.



Teniendo en cuenta que la puntuación total máxima en la escala LIKERT es de 5 y la mínima de 1, se puede concluir con base en el gráfico 18. que a nivel general las 6 habilidades científicas se promocionaron dado que $\bar{X}_r > \bar{X}_t$ para todas las variables, lo que quiere decir que el promedio de los datos antes de realizar el pilotaje de la secuencia didáctica es mayor al promedio del retest, estas variaciones positivas se le atribuyen a la pilotaje de la secuencia ya que los estudiantes demostraron un progreso en el dominio de cada una de estas habilidades, sin embargo, las mismas se enmarcan en el estudio de equilibrios químicos redox a partir de diagramas logarítmicos, por ello las afirmaciones dentro de la LIKERT dan cuenta de este apartado disciplinar no de las habilidades en general.

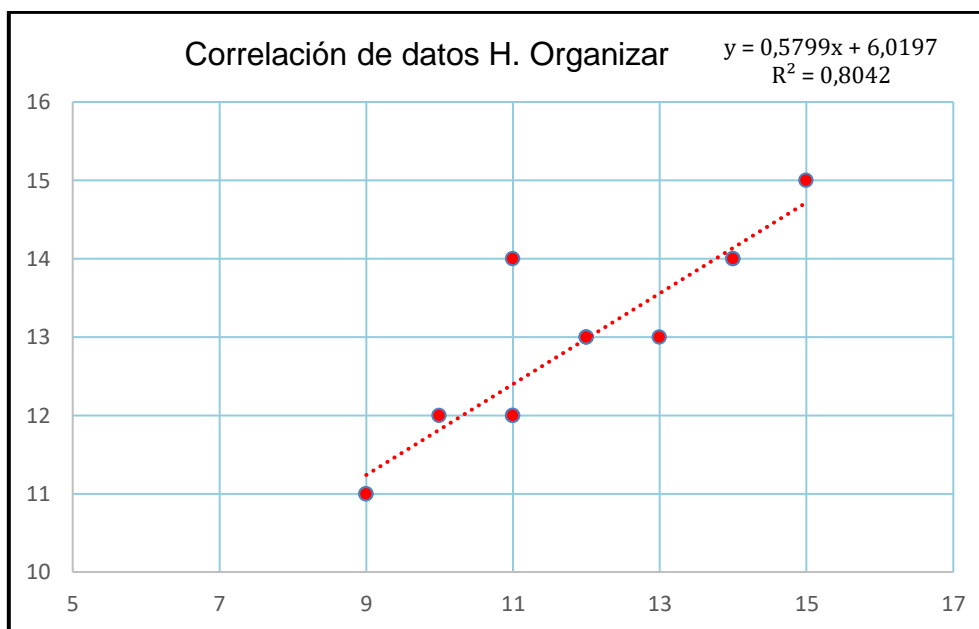
Por otra parte, es evidente, que la mayoría de los estudiantes reflejaron en sus resultados un mayor dominio de la habilidad “organizar” con respecto a las otras habilidades, siendo esta la categoría en la que el promedio de respuestas test-retest superaron en la escala un valor de 4, es decir, “de acuerdo”, lo que demuestra que los estudiantes manejan la mayoría de afirmaciones planteadas en un alto grado. Por otra parte, los estudiantes demostraron con base en sus respuestas que la habilidad que menos dominan es la de “formular modelos”, ya que en la prueba test-retest se evidenció que los valores promedio estaban entre “ni de acuerdo ni en desacuerdo” y “de acuerdo”, lo que apoya y sustenta los resultados de los estudiantes y su rendimiento a lo largo del pilotaje de la secuencia didáctica, demostrando que la mayoría no posee un alto grado de dominio de la habilidad

científica, pues tienen falencias en las bases matemáticas y en el dominio de herramientas que les permitan ejemplificar y realizar modelos mentales y/o gráficos de un problema en específico.

8.3.4.2. Resultados y evaluación de la prueba LIKERT en términos de validez y confianza del instrumento

En lo que respecta a la consistencia interna del instrumento en términos de validez, es decir, que el instrumento mida la variable que realmente quiere medir, se realizó el análisis del coeficiente de correlación de Pearson de manera diferente, ya que, en este caso, se entienden los valores altos del coeficiente como prueba de que un instrumento es consistente en términos de “validez” ya que hay una fuerte tendencia de los instrumentos a no tener una variabilidad en los datos, esto quiere decir que el instrumento refleja en mayor medida la tendencia que tienen 2 variables (en este caso test-retest) a relacionarse de manera casi proporcional, en donde el coeficiente tiende a valores de 1. Para este análisis se realizaron 6 gráficos en donde se relacionan en el eje x el test y en el eje y el retest, esto se hizo para cada uno de los estudiantes y se diferenciaron los 6 gráficos por cada una de las habilidades preseleccionadas en la investigación con el fin de observar gráficamente la tendencia de los datos a relacionarse, siendo la mayoría de coeficientes $> 0,8$ (exceptuando la habilidad hipotetizar cuyo coeficiente fue de: 0,779), a continuación, se presenta el gráfico para la habilidad científica “organizar”:

Gráfico 19. Correlación de los datos para la habilidad científica “Organizar”. Elaboración propia.



Teniendo en cuenta que cuanto más tiendan a ser lineales los datos y R^2 se acerque más a 1, mayor será la correlación de los datos, sobre la validez del instrumento en términos

estadísticos, es pertinente afirmar con base en los 6 valores del coeficiente de correlación de Pearson hallados para cada una de las habilidades científicas y tomando como escala de validez que coeficientes de correlación de Pearson $> 0,80$, demuestran la validez de un instrumento, se puede afirmar que: el instrumento es válido y que mide la variable de interés en los criterios establecidos por habilidades científicas: Organizar, analizar, formular modelos y relacionar; sin embargo para la habilidad “hipotetizar” el coeficiente de Pearson es $< 0,80$, lo que quiere decir que no cumple los criterios establecidos y por ende no es válido, en ese sentido se recomienda una revisión de las afirmaciones establecidas en esta categoría, ya que aunque fue la que más se “promovió”, también refleja una inconsistencia estadística, sin embargo el valor no está muy lejano del umbral establecido, por ello por criterio de validez externo y la evaluación de los expertos se tuvo en cuenta para el análisis cualitativo y cuantitativo realizado en la presente investigación.

Para realizar una evaluación sobre la confiabilidad del instrumento habría que realizar una intervención completa para poder analizar el grado en el que los datos de la aplicación del instrumento se repiten.

8.4. EVALUACIÓN DE LOS ELEMENTOS TEÓRICOS Y METODOLÓGICOS

Para la evaluación de los elementos teóricos se recuperó y adaptó el formato de evaluación diseñado por Murcia (2020) y presentado en la *tabla 8*. el cual plantea 4 aspectos que se deben tener en cuenta en la evaluación, los cuales son: Tipo de elemento, criterios de evaluación, elemento teórico y argumentos que soportan la evaluación; estos se evaluaron en 3 momentos: previos al diseño, durante el diseño y durante el pilotaje. Los criterios de evaluación se diseñaron a partir de los intereses de la investigación y son de elaboración propia, para su elaboración se tuvieron en cuenta los elementos teóricos y metodológicos previamente identificados, los cuales se recopilaron en 4 categorías que se relacionan con: la química en contexto, el diseño de secuencias didácticas, la construcción y uso de diagramas y gráficos como estrategia didáctica, y, la mediación tecnológica en el contexto de la virtualidad; además, se estableció una quinta categoría de evaluación la cual aplica para todas las anteriores categorías, denominada categoría “transversal”. Las categorías y criterios de evaluación se presentan en la siguiente tabla:

Tabla 8. Criterios de evaluación establecidos para cada una de las categorías establecidas en la identificación de los elementos teóricos. Elaboración propia.

Categorías	Criterios de evaluación
Elementos teóricos y metodológicos relacionados con la química en contexto	<ul style="list-style-type: none"> • Que realice una aproximación conceptual o metodológica hacia el modelo de química en contexto. • Que se fundamente en aplicaciones o estudios de caso en espacios educativos

	<ul style="list-style-type: none"> • Que detalle las ventajas y los retos de utilizar el modelo de química en contexto en un ámbito educativo específico
Elementos teóricos y metodológicos relacionados con el diseño de secuencias didácticas	<ul style="list-style-type: none"> • Que aporten al diseño de actividades y a la estructura general de la secuencia didáctica. • Que oriente el orden y la relación de las actividades que componen la secuencia didáctica.
Elementos teóricos y metodológicos relacionados con la construcción y uso de diagramas y gráficos como estrategia didáctica	<ul style="list-style-type: none"> • Que demuestren las ventajas del uso de diagramas, gráficos y/o esquemas en un proceso de enseñanza y aprendizaje • Que demuestre la relación entre el uso de modelos gráficos con los procesos de enseñanza y aprendizaje de las ciencias
Elementos teóricos y metodológicos relacionados con el uso de la mediación tecnológica en el contexto de la virtualidad	<ul style="list-style-type: none"> • Que brinden alternativas tecnológicas accesibles para docentes y estudiantes • Que describa las herramientas y aplicaciones tecnológicas que pueden favorecer el proceso de enseñanza y aprendizaje en la educación remota.
Transversal	<ul style="list-style-type: none"> • Que describa el ¿qué?, ¿por qué? y ¿para qué? en un ámbito educativo

Tabla 9. Evaluación de los elementos teóricos y metodológicos utilizados en el diseño y pilotaje de la secuencia didáctica. Elaboración propia.

Tipo de elemento	Criterios de evaluación	Elemento teórico	Argumentos que soportan la evaluación
Teóricos y metodológicos previos al diseño	Identificar el uso y las características de la enseñanza contextualizada como estrategia didáctica a partir de la cual los estudiantes generan un mayor interés por la química	Enseñanza de la química desde contenidos contextualizados. Parga & Piñeros (2018)	Este elemento teórico permitió discriminar los contenidos contextualizados que emergen a partir de la interacción entre los contextos: disciplinar (según Jensen (1998), los niveles de composición molar, composición atómico-molecular y composición electrónica), metadisciplinar (relacionada con las implicaciones históricas, epistemológicas, sociales, tecnológicas, ambientales, culturales, de la química y la construcción del conocimiento con base en dichas implicaciones) y cotidiano (relacionado con la utilidad, aplicabilidad, importancia e interacciones de la química con el mundo en el que el estudiante está inmerso). Esto permitió enfocar la secuencia didáctica hacia contenidos específicos contextualizados que desarrollaran la interacción entre estos 3 tipos de contextos, con el fin de lograr un producto de calidad y promover el interés en los estudiantes por el tema en cuestión.
	Identificar la evolución de la química en contexto en la historia y diferentes escenarios educativos para la construcción de conocimiento disciplinar en química	Enseñar química en contexto: un recorrido por los proyectos de química en contexto desde la década de los 80 hasta la	El elemento teórico permitió analizar cómo se aplica la química en contexto en diferentes espacios educativos desde su concepción en la década de los 70', además de identificar aspectos puntuales a tener en cuenta y los retos que supone construir conocimiento haciendo uso de química en contexto

		actualidad, Camaño (2018)	
	Caracterizar las habilidades científicas desde su definición como proceso psicológico-pedagógico y destacar su importancia en la formación inicial de profesores en ciencias	Desarrollo de habilidades científicas en la formación inicial de profesores de ciencias y matemáticas. Reyes & García (2014)	Permitió distinguir las habilidades científicas que se buscaban fortalecer con la secuencia didáctica: hipotetizar, analizar, organizar, formular modelos y relacionar. Además, permitió identificar que las habilidades científicas en el quehacer científico se pueden enmarcar en 3 categorías: Observar, estudiar y comunicar (que implican 2 procesos paralelos: problematizar y codificar); lo que permitió a su vez, encasillar cada habilidad seleccionada para el estudio en alguna de estas categorías, con el fin de fortalecer el proceso global y no solo una categoría en específico, lo que le permite a los estudiantes abordar un problema contextualizado de manera más concisa y adecuada.
Teóricos metodológicos durante el diseño y el	Diseñar una secuencia didáctica, la cual se encuentre estructurada de forma tal, que se permita realizar adaptaciones (si se requieren) y proponer actividades secuenciadas para los estudiantes con una relación lineal	Guía para la elaboración de una secuencia didáctica Díaz Barriga, (s.f.)	El elemento teórico y metodológico facilitó el diseño de la secuencia didáctica, además de profundizar en las posibilidades que ofrece la misma en un entorno educativo. Por su naturaleza se pueden identificar problemas y con ello realizar adaptaciones en pro de superar esa dificultad particular en un contexto real, sin dejar de lado el orden interno de las actividades propuestas.
	Orientar el diseño de las actividades de la secuencia didáctica hacia la evaluación formativa de Scallon para la evaluación constante del proceso y la	Sobre la estructura de una secuencia didáctica y el problema de enfoque de	Este elemento metodológico orientó el diseño de las actividades de la secuencia didáctica en una "línea de actividades" que se dividió en tres fases: actividades de apertura, desarrollo y de cierre; orientadas hacia la inclusión/implementación de un problema/elemento de la realidad (contexto) que le da sentido al contenido

	<p>inclusión de problemas contextualizados para abordar el contenido conceptual.</p>	<p>competencias. Diaz Barriga (2013)</p>	<p>conceptual y al acto de aprender. Aportó a la construcción de una “evaluación formativa”, planteada por Scallon (1998), en la cual se va desarrollando un proceso de retroalimentación en función de los avances, retos y dificultades de los estudiantes; de esta manera, todas las actividades planteadas se discutieron y retroalimentaron a lo largo de las sesiones desarrolladas con el fin de evaluar la eficiencia del proceso y recoger evidencias de aprendizaje.</p>
	<p>Diseñar actividades que permitan relacionar y articular explícitamente situaciones contextualizadas para la enseñanza y aprendizaje de contenidos teóricos disciplinares en química</p>	<p>Enseñar química en contexto. Una dimensión de la innovación didáctica en educación secundaria, Meroni, Copello, Paredes (2015)</p>	<p>El elemento teórico permitió analizar las actividades diseñadas enmarcadas bajo la química en contexto, desde un escenario educativo real (en este caso, educación secundaria), las implicaciones y consideraciones, teniendo en cuenta la naturaleza social del conocimiento y las posibilidades que ofrece la química en contexto en situaciones reales y auténticas</p>
	<p>Relacionar las habilidades científicas con los diagramas logarítmicos para el estudio de equilibrio químico redox a partir de parámetros didácticos que argumenten la pertinencia del uso de este tipo de gráficos y de las habilidades seleccionadas</p>	<p>Acerca de la función y la importancia de los esquemas desde una perspectiva pedagógica y didáctica. Anderson (1985)</p>	<p>Este elemento teórico aportó al diseño de la secuencia didáctica brindando 6 funciones indispensables de los esquemas (en este caso diagramas) los cuales permiten: identificar información relevante, inferir información no explícita, la búsqueda organizada de información, establecer jerarquías mentales de información que permiten separar lo esencial de lo secundario, generar, revisar y contrastar hipótesis. Esto permitió entrelazar los diagramas logarítmicos con las habilidades científicas previamente descritas en la etapa previa al diseño, ya que el elemento teórico describe procesos relacionados con la hipótesis, el orden, el análisis y de manera indirecta, la formulación de modelos; así pues, se logró establecer una relación</p>

			congruente entre las habilidades seleccionadas y el uso de diagramas como estrategia didáctica para abordar el tema de equilibrio químico redox, dando mayor consistencia a la investigación.
	Articular los conocimientos disciplinares en química, con metodologías contemporáneas que promuevan el interés de los estudiantes por construir conocimientos científicos	Un nuevo enfoque de la enseñanza de la química: contextualizar y modelizar, Izquierdo (2003)	El elemento teórico permitió realizar un análisis de la educación en química tradicional y como ella hace que los estudiantes conciban la química como una rama incomprensible, por lo que, se propone una metodología alternativa desde el contexto y la modelización con el fin de articular la teoría con la práctica.
	Enmarcar el aprendizaje autónomo dentro de la secuencia didáctica como una autogestión del conocimiento en el cual se desarrollan estrategias cognitivas y metacognitivas, aportando al diseño de actividades individuales que propendan por la formación individual	Factores de la enseñanza que favorecen el aprendizaje autónomo en torno a las actividades de aprendizaje. Chica (2010)	En lo metodológico y teórico este elemento aportó al diseño de actividades guiadas por el aprendizaje autónomo (en específico las tres actividades), brindando tres factores de la enseñanza que favorecen el aprendizaje autónomo, entre ellos: <i>Factor relacionado con las cosas</i> en donde se especifica que la relación entre las actividades de aprendizaje y los saberes tienen sentido cuando se enfoca en torno al entendimiento de la realidad o de los hechos (lo que se relaciona directamente con los contextos abordados en las sesiones), <i>Factor relacionado con las personas</i> en donde el aprendizaje autónomo materializa todas las inteligencias en función de una formación integral que empodera la comunicación de entendimiento (por ello se intentó reforzar el diálogo entre pares y docentes) y, por último, el <i>Factor relacionado con actividades representativas</i> el cual explica que las representaciones sobre las cosas reales tienen significado para el estudiante cuando puede expresarlas y entenderlas

			desde su propia intersubjetividad, construyendo representaciones susceptibles de verdad con la participación de sus pares (por ello se promovió el uso de la expresión a partir de problema colectivos y de contexto en las actividades, en donde el estudiante vinculara representaciones derivadas de contextos con su propio criterio y entendimiento)
	Inclusión de lenguaje químico para la construcción de conocimiento en química y su extrapolación en entornos cotidianos y contextualizados	El significado de las fórmulas químicas para estudiantes universitarios. El lenguaje químico como instrumento para la construcción de conocimiento, Farré, Zugbi, Lorenzo (2013)	El elemento teórico permitió el análisis y relevancia del lenguaje químico debido a que, al ser utilizado a nivel representacional para sustancias, reacciones, mecanismos, formulas y convenciones, realizar un ejercicio interdisciplinar y además de incluir la relevancia de la abstracción en el conocimiento químico en cuanto a teorías, leyes, modelos y postulados
Metodológicos durante el pilotaje	Inclusión de análisis y construcción de gráficos para la comprensión de fenómenos abstractos en sistemas teóricos específicos en química	¿Cómo usan los profesores de Química las representaciones gráficas cartesianas?, García y Perales (2007)	El elemento metodológico fue empleado para el desarrollo de las actividades de la secuencia didáctica, enfocadas a la importancia de la construcción de gráficos y su relación con el dominio conceptual y matemático para un sistema específico
	Trasladar la metodología diseñada y estructurada a un escenario virtual debido a la actual pandemia	La educación en tiempos	El elemento metodológico permitió analizar las implicaciones didácticas de la mediación tecnológica en currículos estructurados para ser utilizados de forma presencial, además del uso de plataformas virtuales

		de la pandemia de COVID-19, Cepal-UNESCO (2020)	para realizar procesos de evaluación, con ello, se llevaron a cabo las actividades de la secuencia didáctica teniendo en cuenta el escenario virtual y las herramientas tecnológicas institucionales.
	Aportar al proceso de evaluación formativa por medio del estudio y reconocimiento de las preconcepciones de los estudiantes en lo que respecta a equilibrio químico	Sobre las concepciones alternativas de los estudiantes en relación con el equilibrio químico. Clasificación y síntesis de sugerencias didácticas. Raviolo & Mercedez (2003)	Este elemento aportó en lo metodológico ya que permitió replantear las actividades teniendo en cuenta sugerencias dispuestas en 8 categorías elaboradas cuidadosamente a partir de un estudio bibliográfico, las cuales orientaron el proceso con base en las concepciones alternativas de los estudiantes (recolectadas en la primera actividad con la lluvia de ideas), específicamente en lo que refiere a: Conceptos previos que se utilizan en el estudio del equilibrio químico, características de un sistema en equilibrio químico, lenguaje, simbolismo empleado, constante de equilibrio químico y velocidades de reacción; permitiendo no solo identificar algunas falencias en las preconcepciones de los estudiantes, sino que también, distinguir alternativas para abordar los temas anteriormente mencionados, facilitando el cambio conceptual de los estudiantes a lo largo de las tres sesiones

La evaluación de los elementos teóricos y metodológicos identificados en la presente investigación, demostró que su inclusión fue pertinente para el diseño y pilotaje de la secuencia didáctica, pues, estos aportaron a la formulación y estructuración de la misma, lo cual, a su vez, permitió construir una investigación más coherente en términos pedagógicos y didácticos, vinculando el modelo de química en contexto con el uso de diagramas logarítmicos para la promoción de habilidades científicas.

A lo largo del pilotaje se realizaron varias modificaciones con base en el juicio de los expertos y la identificación de los elementos teóricos y metodológicos los cuales guiaron el diseño de actividades buscando desarrollar diferentes enfoques del modelo de química en contexto desde lo Disciplinar, metadisciplinar y lo cotidiano.

9. CONCLUSIONES

La investigación realizada, permitió identificar los elementos teóricos y metodológicos que se deben incluir en una secuencia didáctica sustentada bajo el modelo de química en contexto y diagramas logarítmicos para abordar algunos de los contenidos disciplinares relacionados con equilibrio químico redox y fortalecer algunas habilidades científicas en el proceso en un grupo de profesores en formación inicial. Los criterios establecidos para la identificación de dichos elementos demostraron ser pertinentes para el diseño de la secuencia didáctica, entre ellos, destacaron: “Enseñanza de la química desde contenidos contextualizados” (Parga & Piñeros, 2018), este elemento permitió diferenciar los 3 tipos de contexto en los cuales se enmarca la secuencia didáctica, por otra parte, el trabajo realizado por Reyes y García (2014) “desarrollo de habilidades científicas en la formación inicial de profesores de ciencias y matemáticas”, permitió delimitar las habilidades científicas a promover por medio del desarrollo de la secuencia didáctica, enmarcando las mismas en tres categorías relacionadas con el quehacer científico e implicadas en la formación inicial de profesores en ciencias, dichas categorías son: observar, estudiar y comunicar.

Los elementos teóricos utilizados para la elaboración, estructura y diseño de la secuencia didáctica, se utilizaron los trabajos realizados por Diaz-Barriga (s.f., 2013) “Guía para la elaboración de una secuencia didáctica” y “Sobre la estructura de una secuencia didáctica y el problema de enfoque de competencias”, los cuales orientaron el diseño de las actividades de la secuencia didáctica en una “línea de actividades” divididas en 3 fases: actividades de apertura, actividades de desarrollo y actividades de cierre, además, permitieron vincular las actividades a un elemento de la realidad (contexto) que le da sentido al contenido conceptual y al proceso de enseñanza y aprendizaje.

La metodología Chemie in Kontext, propuesta por Gräsel, C. et al. (2007), permitió establecer 4 etapas para el diseño, pilotaje y análisis de la secuencia didáctica y la posterior divulgación de los resultados a la comunidad académica. Esta metodología demostró ser adecuada para satisfacer los objetivos de la presente investigación, la misma presenta una estructura clara, concisa y ordenada, donde, además, se promueve la retroalimentación del proceso a partir de la divulgación, para futuras investigaciones.

La evaluación realizada por los 3 expertos a la secuencia didáctica demostró que la misma poseía algunas falencias respecto a la especificidad de los objetivos para cada sesión, los objetivos generales de la secuencia, las preguntas orientadoras y las actividades, según expertos, la secuencia didáctica se encuentra enfocada principalmente al desarrollo de conocimiento en contenidos disciplinares, sin embargo, precisa de un enfoque hacia la formación docente, es importante resaltar que se realizaron las modificaciones pertinentes a la secuencia didáctica con el fin de atender al juicio de los expertos y generar una investigación coherente a los intereses de la investigación. Por otra parte, los expertos realizaron aportes con respecto a los instrumentos de la secuencia didáctica, los cuales permitieron modificar y mejorar

algunas falencias en cuanto a redacción, estructura y tiempos de aplicación. Por último, los expertos realizaron la evaluación de los instrumentos para la evidencia de la promoción de habilidades científicas, aportando respecto a la redacción de las afirmaciones de la prueba LIKERT, a evitar la redundancia en las mismas y a su criterio sobre el análisis estadístico.

Por medio del pilotaje de la secuencia didáctica, fue posible la promoción de las habilidades científicas seleccionadas, pues a partir del coeficiente de correlación de Pearson y del coeficiente de no determinación calculados a partir de la prueba de LIKERT mediante la técnica retest, se determinó que las 5 habilidades científicas hipotetizar, organizar, analizar, formular modelos y relacionar se promovieron en porcentajes de 39,33%, 19,58%, 29,01%, 33,13% y 30,01% respectivamente. Además, en el análisis cualitativo de los instrumentos, se hallaron varias evidencias de aprendizaje que dan cuenta de los avances en dichas habilidades.

Los 10 criterios enmarcados en las 5 categorías de evaluación propuestas en la presente investigación permitieron realizar la evaluación de los elementos teóricos y metodológicos previamente identificados en la fase 1 de la metodología e incorporados durante el diseño y pilotaje de la secuencia didáctica. Para sustentar los criterios de evaluación, cada elemento se sometió a un análisis en el cual se abstraieron los argumentos teóricos y metodológicos más relevantes para justificar su inclusión en el diseño y pilotaje de la secuencia didáctica.

10. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Albarrán Zavala, E. (2008). El potencial redox y la espontaneidad de las reacciones electroquímicas. *Latin American Journal of Physics Education*, 2(3), 336-345. Obtenido de http://www.lajpe.org/sep08/32_Erik_Albaran.pdf.
- Aliberas, Joan; Izquierdo, Mercè; Guitart, Fina (2015). El context per aprendre química en el projecte Competències de pensament científic ESO 12-15. *Educació Química EduQ*, 20, 32-39.
- Álvarez De Zayas, R. M. (1996) El desarrollo de las habilidades de la enseñanza de la Historia. La Habana. Editorial Pueblo y Educación, p. 61.
- Ametller, J., Caamaño, A., Cañal, P., Couso, D., Gallástegui, J., Jiménez, J., Justí, R., Pintó, R., de Pro, A., & Sanmartí, N. (2011). Didáctica de la Física y de la Química (1.a ed., Vol. 1). Graó. Obtenido de: <https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=xBEbAgAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA7&dq=didactica+de+la+quimica&ots=dFtwwiUXwS&sig=HZHRfdPfhE3UTGIR4WY11OIYYs#v=onepage&q&f=false>
- Anderson, R. S. 1985 "Role of the reader's schemata in comprehension, learning and memory". H.Singer y R.B. Rudell (ed), *Theoretical Models and Processes of Reading*, International Reading Association, Newark, Delaware, USA.
- Ayres, G. H. (1970). *Análisis químico cuantitativo - segunda edición*. Nueva York: Harper & Row Publishers Inc.
- Baeza, A. (2010). *Química analítica: Expresión gráfica de las reacciones químicas*. México: Laboratorio de electroquímica microanalítica.
- Bernal Ballen, A., & Ladino Ospina, Y. (2019). Assessment: A Suggested Strategy for Learning Chemical Equilibrium. *Education Sciences*, 9(174), 1-19. Obtenido de: <https://doi.org/10.3390/educsci9030174>.
- Betancur Pulgarín, J. F. (2016). Recuperación de cobalto y litio de baterías ion-litio por métodos no convencionales. *Universidad Nacional de Colombia*, 1-101. Obtenido de: <https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/59743/71762974.2016.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Caamaño, Aureli. (2018). Enseñar química en contexto: un recorrido por los proyectos de química en contexto desde la década de los 80 hasta la actualidad. *Educación química*, 29(1), 21-54. Obtenido de: <https://doi.org/10.22201/fq.18708404e.2018.1.63686>.

- Caamaño, Aureli (2001). La enseñanza de la química en el inicio del nuevo siglo: una perspectiva desde España. *Educación Química*, 12, 1, 8-20.
- Caamaño Ros, Aureli (2011). Enseñar química mediante la contextualización, la indagación y la modelización. Núm, 68. pp. 24-34.
- Cañedo Iglesias, C. (2008). Fundamentos teóricos para la implementación de la didáctica en el proceso enseñanza-aprendizaje. Obtenido de: <http://www.eumed.net/libros>.
- Chica Cañas, F. A. (2010). Factores de la enseñanza que favorecen el aprendizaje autónomo en torno a las actividades de aprendizaje. *Reflexiones tecnológicas*(6), 167-195. de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=3709190>
- Díaz Barriga, Frida (2003) Cognición situada y estrategias para el aprendizaje significativo *Revista Electrónica de Investigación Educativa*. Vol. 5, No. 2, Obtenido de: <https://redie.uabc.mx/redie/article/view/85>.
- Díaz Barriga, A. (2013). Secuencias de aprendizaje. ¿Un problema del enfoque de competencias o un reencuentro con perspectivas didácticas? *Profesorado*, 17(3), 11-33. Obtenido de: <https://www.redalyc.org/pdf/567/56729527002.pdf>
- Di Fuccia, D. y Sánchez Díaz, I. (2015), *Chemie im Kontext: una metodología de contextualización de contenidos en la enseñanza de la química*. En M. González Montero de Espinosa, A. Baratas Díaz y A. Brandi Fernández (eds.), *Jornadas sobre investigación didáctica en ESO y Bachillerato*, Madrid, Santillana, 89-97.
- Di Fuccia, D. y Sánchez Díaz, I. (2016). Primeros resultados de la adaptación en España y Argentina de *Chemie im Kontext*, una metodología alemana de didáctica de la química en educación secundaria, En M. González Montero de Espinosa, A. Baratas Díaz y A. Brandi Fernández (eds.), *Jornadas sobre investigación didáctica en ESO y Bachillerato*, Madrid, Santillana.
- Editorial La República S.A.S. (2021). El potencial de la exploración y la explotación que tiene el cobre en la economía del país. *Diario La República*. Obtenido de: <https://www.larepublica.co/economia/el-potencial-real-que-tiene-colombia-para-la-exploracion-y-explotacion-de-cobre-3160537>
- Farré, Andrea S., Zugbi, Santiago, & Lorenzo, M. Gabriela. (2014). El significado de las fórmulas químicas para estudiantes universitarios: El lenguaje químico como instrumento para la construcción de conocimiento. *Educación química*, 25(1), 14-20. Recuperado en 02 de septiembre de 2021, de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0187-893X2014000100003&lng=es&tlng=es.
- Fagundo Castillo, Gonzales Hernandez, Suárez Muñoz, & Melían Rodríguez. (2005). Relaciones entre potenciales redox y concentraciones de sulfuros en aguas

termales en cuba. *Contribución a la educación y protección ambiental*, 6, 31-44. Obtenido de: https://www.researchgate.net/profile/Patricia-Gonzalez-Hernandez/publication/237708654_RELACIONES_ENTRE_POTENCIALES_REDOX_Y_CONCENTRACIONES_DE_SULFUROS_EN_AGUAS_TERMALES_DE_CUBA/links/5507c74a0cf2d7a281265237/RELACIONES-ENTRE-POTENCIALES-REDOX-Y-CONCENTRACIONES-DE-SULFUROS-EN-AGUAS-TERMALES-DE-CUBA.pdf5237/RELACIONES-ENTRE-POTENCIALES-REDOX-Y-CONCENTRA.

Fergusson, J.F. (1990). *The heavy Elements. Chemistry, Environmental Impact and Health Effects*. Pergamon Press.

Ferrer, A. (2003). Intoxicación por metales. *Anales del Sistema Sanitario de Navarra*, 26(Supl. 1), 141-153. Recuperado en 26 de agosto de 2021, de http://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1137-66272003000200008&lng=es&tlng=es.

Flores, O. M. (2021, 1 enero). Cobre. *Minería en Línea*. Obtenido de: <https://mineriaenlinea.com/metales/cobre14/#:%7E:text=en%20el%20mundo,Propiedades%20f%C3%ADsicas,mayor%20conductividad%20el%C3%A9ctrica%20y%20%C3%A9rmica>.

Freiser, H., & Quintus, F. (1965). Teaching ionic equilibrium: Use of log chart transparencies. *Journal of Chemical Education*, 42(1), 35-38. Obtenido de: <https://pubs.acs.org/doi/pdf/10.1021/ed042p35>.

Gilbert, John K. (2006) On the Nature of "Context" in Chemical Education, *International Journal of Science Education*, 28:9, pp. 957-976, DOI: 10.1080/09500690600702470.

Gómez Galindo, Alma Adrianna, "Construcción de explicaciones científicas escolares", *Revista Educación y Pedagogía*, Medellín, Universidad de Antioquia, Facultad de Educación, vol. XVIII, núm. 45, (mayo-agosto), 2006, pp. 73-83. Obtenido de: <https://revistas.udea.edu.co/index.php/revistaeyp/article/view/6088/5494>.

Gräsel, C., Baer, A., Nentwig, P., Demuth, R., & Ralle, B. the ChiK Project Group (2007). "Chemie im Kontext": A symbiotic implementation of a context-based teaching and learning approach. *International Journal of Science Education*, 28:9, pp. 1041-1062. doi: 10.1080/09500690600702512.

Harvey, D. (2000). *Modern Analytical Chemistry*. Boston: McGraw-Hill Companies.

Hernández Lalinde, J. D., Espinosa Castro, J. F., Peñaloza Tarazona, M. E., Rodríguez, J., Chacón Rangel, J., Toloza Sierra, C. A., . . . Bermúdez Pirela, V. J. (2018). Sobre el uso adecuado del coeficiente de correlación de Pearson: definición,

propiedades y suposiciones. *Archivos venezolanos de Farmacología y Terapéutica*, 37(5), 587-595. Obtenido de: https://www.revistaavft.com/images/revistas/2018/avft_5_2018/25sobre_uso_ade_cuado_coeficiente.pdf

Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, M. (2010). Metodología de la investigación (Quinta edición). McGRAW-HILL / INTERAMERICANA EDITORES, S.A. DE C.V. Obtenido de: <https://www.icmujeres.gob.mx/wp-content/uploads/2020/05/Sampieri.Met.Inv.pdf>.

Hill, John W. y Kolb, Doris K. (1999). Química para el nuevo milenio, 8ª edición, Pearson. Primera edición: [1972] Chemistry for Changing Times, Pearson.

Huerta, P. y Irazoque, G. (2009). El equilibrio químico, una investigación de aula. Enseñanza de las Ciencias, Número Extra VIII Congreso Internacional sobre Investigación en Didáctica de las Ciencias, Barcelona, pp. 2646-2650. Obtenido de: <https://raco.cat/index.php/Ensenanza/article/view/294451/382963>

Ibarra-Piza, S., Segredo-Santamaría, S., Juárez-Hernández, L., & Tobón, S. (2018, 11 noviembre). Estudio de validez de contenido y confiabilidad de un instrumento para evaluar la metodología socioformativa en el diseño de cursos. Revista Espacios. Obtenido de: <http://www.revistaespacios.com/cited2017/cited2017-24.pdf>

Izquierdo Aymerich, M. (2003). UN NUEVO ENFOQUE DE LA ENSEÑANZA DE LA QUÍMICA: CONTEXTUALIZAR Y MODELIZAR. The Journal of the Argentine Chemical Society, 92(4/6), 115–136. Obtenido de: <https://www.aqa.org.ar/images/anales/pdf9246/9246art13.pdf>

Jensen, W.B. (1998). I. ¿Does Chemistry have a logical structure? Journal of Chemical Education. 6(75), 679-687.

Jiménez-Liso, María Rut y De Manuel Torres, Esteban (2009). El regreso de la química cotidiana: ¿Regresión o innovación? Enseñanza de las ciencias, 27(2), 257–272, Obtenido de: <https://ddd.uab.cat/pub/edlc/02124521v27n2/02124521v27n2p257.pdf>.

Lanphear, B.P., Dietrich, K.N. & Auinger, P.C. (s.f) Cognitive deficits associated with blood lead concentration <10 µg/dL in: U.S. children and adolescents. Pub Health, 4(1), 2012, p. 521-529.

López, G. (1997). LOS ESQUEMAS COMO FACILITADORES DE LA COMPRESIÓN Y APRENDIZAJE DE TEXTOS. Lenguaje, 40–57. Recuperado en 02 de septiembre de 2021, de <https://media.utp.edu.co/referencias-bibliograficas/uploads/referencias/articulo/717-los-esquemas-como-facilitadores-de-la-compresion-y-aprendizaje-de-textospdf-eyQ7D-articulo.pdf>

- López Muñoz, E., López Colman, E., & López Blanco, L. (2016). El efecto del Cromo en el Síndrome metabólico. *Universidad Complutense de Madrid. Facultad de Farmacia*, 1-20. Obtenido de: <http://147.96.70.122/Web/TFG/TFG/Memoria/LUCIA%20LOPEZ%20BLANCO.pdf>
- Meroni Gabriela, Copello María Inés, Paredes Joaquín (2015) Enseñar química en contexto. Una dimensión de la innovación didáctica en educación secundaria. *Educación Química*. Volumen 26, Issue 4, Pages 275-280. Obtenido de: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0187893X1500052X#bib0030>.
- Mishra, D., Kim, D.-J., Ralph, D. E., Ahn, J.-G., & Rhee, Y.-H. (2008). Bioleaching of metals from spent lithium-ion secondary batteries using *Acidithiobacillus ferrooxidans*. *Waste Management*, 28, 333–338. Obtenido de: [10.1016/j.wasman.2007.01.010](http://dx.doi.org/10.1016/j.wasman.2007.01.010)
- Muñoz J. y Charro E. (2017) Los Ítems PISA como herramienta para el docente en la identificación de conocimientos y habilidades científicas. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias* 14 (2), 317-338. Obtenido de: <http://hdl.handle.net/10498/19220>
- Murcia, M. A. (2020). Elementos de la naturaleza de la ciencia y la tecnología que aportan al diseño de una secuencia de enseñanza aprendizaje para la promoción actitudinal y el establecimiento de relaciones CTS desde el proceso curricular y la adsorción de Cromo (VI). Obtenido de: <http://hdl.handle.net/20.500.12209/13201>
- Obaya Valdivia, A., Ponce Pérez, R. (2007) La secuencia didáctica como herramienta del proceso enseñanza aprendizaje en el área de Químico Biológicas, FES–Cuautitlán UNAM. 19-25, Obtenido de: http://www2.izt.uam.mx/newpage/contactos/anterior/n63ne/secuencia_v2.pdf.
- Padilla Martínez, K. (2017). La formación docente y el desarrollo de habilidades de pensamiento científico. Congreso Nacional de Investigación Educativa, 1–11. Obtenido de: <https://www.comie.org.mx/congreso/memoriaelectronica/v14/doc/2310.pdf>.
- Parga, D.L. Piñeros, G.Y. (2018). Enseñanza de la química desde contenidos contextualizados. *Revista Educación Química*, 29(1), 55-64.
- Raviolo, A., & Mercedez Martínez, A. (2003). Una revisión sobre las concepciones alternativas de los estudiantes en relación con el equilibrio químico. Clasificación y síntesis de sugerencias didácticas. *Educación Química*, 159-165. Obtenido de: <http://revistas.unam.mx/index.php/req/article/view/6244/58155>
- Reyes-González, D. y García-Cartagena, Y. (2014). Desarrollo de habilidades científicas en la formación inicial de profesores de ciencias y matemáticas. *Educ. Educ.* 17 (2), 271-285. Obtenido de: [10.5294/edu.2014.17.2.4](http://dx.doi.org/10.5294/edu.2014.17.2.4).

- Rocha, A., García, E., Fernández, R., Domínguez Castiñeiras, J. M. (2000). Dificultades en el aprendizaje del equilibrio químico. *ADAXE: Revista de estudios e experiencias educativas* (16), 163-178. Obtenido de https://minerva.usc.es/xmlui/bitstream/handle/10347/645/1/pg_163-178_adaxe16.pdf.
- Scallon, G (1988.) L'evaluation formative des apprentisages. Québec: Les preses de l'univerité de Laval
- Snyder, Carl H. (2003). *The Extraordinary Chemistry of Ordinary Things*, 4ª ed., Wiley International
- Téllez, M. J., Carvajal, R. M., & Gaitán, A. M. (2003). Aspectos toxicológicos relacionados con la utilización del Cromo en el proceso productivo de curtiembres. *Revista Facultad de Medicina Universidad Nacional de Colombia*, 50-61.
- Tobón, S. (2013). Formación integral y competencias. Pensamiento complejo, currículo, didáctica y evaluación (4a. Ed.). Bogotá: ECOE.
- WORLD HEALTH ORGANIZATION (WHO). Inorganic Lead. Environmental Health Criteria. Geneva (Suiza): 2005,165 p.
- Zeng, G., Deng, X., Luo, S., Luo, X., & Zou, J. (2012). A copper-catalyzed bioleaching process for enhancement of cobalt dissolution from spent lithium-ion batteries. *Journal of Hazardous Materials*, 199-200, 164–169. Obtenido de: [10.1016/j.jhazmat.2011.10](https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2011.10).

11. ANEXOS

Anexo 1. Cronograma de investigación

Figura 2. Cronograma de actividades para el pilotaje de la secuencia didáctica

		Cronograma de actividades de la propuesta didáctica																															
		Jun				Jul				Ago				Sep				Oct				Nov				Dic				Ene			
Actividades/Semana		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
1	Consolidar la propuesta de trabajo	■																															
2	Realizar las correcciones planteadas por los evaluadores		■	■	■																												
3	Levantamiento de los elementos teóricos						■	■	■																								
4	Identificar el contexto poblacional y de trabajo						■	■	■																								
5	Planeación de actividades de la secuencia						■	■	■																								
6	Diseño de instrumentos						■	■	■																								
7	Validación de instrumentos										■	■	■																				
8	Adaptación de instrumentos										■	■	■																				
9	Aplicación de instrumentos														■	■	■																
10	Recolección de datos														■	■	■																
11	Evaluación de las implicaciones didácticas																		■	■	■												
12	Análisis y reflexión de resultados																						■	■	■								
13	Conclusiones del trabajo																																
14	Realizar las correcciones planteadas por los evaluadores																																
15	Sustentación de trabajo de grado																																
16	Divulgación a la comunidad educativa																																

Fuente: Elaboración propia.

Anexo 2. Secuencia didáctica.

A continuación, se presenta la **tabla 1.** tomada y adaptada de Sanmartí (2002) en la cual se recuperan 4 de los 5 criterios establecidos por el autor para categorizar los tipos de actividades que se utilizaron en el diseño y elaboración de la secuencia didáctica:

Tabla 1. Criterios para la clasificación de actividades.

Criterio	Categoría	Actividades
Actividades y recursos orientados a percibir hechos directamente y construirlos.	I	De demostración, deducción y/o comprobación de regularidades o leyes.
Actividades y recursos orientados a percibir hechos indirectamente y construirlos.	II	Observación de posters, fotografías, grabados, diapositivas... Visionado de vídeos, películas, programas de TV... Lectura de artículos de la prensa, de textos...
Actividades orientadas a construir el conocimiento interactuando con otras personas y fuentes de información.	III	Exposiciones magistrales y/o interactivas del profesorado, de personas expertas, de alumnos del propio curso u otros, utilizando una variedad de recursos posibles: pizarra, transparencias, posters, PowerPoint... Lectura de documentos, provenientes de artículos, de libros de texto, de consulta o enciclopedias, de Internet... Visionado de vídeos y otras fuentes audiovisuales. Ejercicios de "lluvia de ideas", conversaciones colectivas, coloquios, etc.
Actividades orientadas a construir el conocimiento reflexionando individualmente.	IV	Resolución individual de problemas y ejercicios. Respuesta a cuestionarios. Elaboración de esquemas, mapas conceptuales, de V de Gowin, bases de orientación...

Fuente: Elaboración propia.

La siguiente tabla presenta los principales elementos teóricos que se tuvieron en cuenta para el diseño de la secuencia didáctica, los cuales aportaron elementos alrededor de la enseñanza - aprendizaje de la química:

Tabla 2. Elementos teóricos seleccionados durante el diseño de la secuencia.

Autor	Elemento teórico
Anderson (1985) López (1997)	Acerca de la implementación de esquemas y diagramas para facilitar los procesos de enseñanza - aprendizaje
Izquierdo (2003)	Sobre la modelización y el contexto en la enseñanza de la química
Ametller et al. (2011)	Para el aprendizaje de procedimientos y la contrastación de la teoría; y el uso de las TIC
Farré et al. (2013)	Respecto al uso del lenguaje químico para representar sustancias y reacciones químicas

Fuente: Elaboración propia.

SECUENCIA DIDÁCTICA: DIAGRAMAS LOGARÍTMICOS PARA ANÁLISIS DE EQUILIBRIO QUÍMICO REDOX			
Programa: Licenciatura en Química	Nivel: Sexto semestre	Espacio académico: Métodos de análisis Químico I	Número de sesiones: 3
Enfoque: Química en contexto			
Objetivos		Competencias	
<p>Comprender las bases teóricas relacionadas con el equilibrio químico redox por medio del uso de contexto, modelos y diagramas logarítmicos en entornos virtuales</p> <p>Analizar los diagramas logarítmicos con algunos procesos analíticos presentes en los módulos del espacio académico</p> <p>Integrar contextos metadisciplinarios con los contenidos propios del espacio académico utilizando diagramas logarítmicos para fortalecer algunas habilidades científicas</p>		Básicas	
		Reconoce los fundamentos sobre los cuales se construye el conocimiento químico desde el análisis químico, con el propósito de construir analogías, representaciones y modelos.	
		Procedimentales	
		Efectúa deducciones lógicas a partir de hipótesis sobre fenómenos químicos	
		Investigativas	
		<p>Argumenta críticamente frente al trabajo experimental, sus aplicaciones en diferentes campos de estudio y la importancia de la resolución de problemas.</p> <p>Reconoce la importancia del autodesarrollo, de la actualización, del manejo de tecnología aplicada a la educación, de la toma de decisiones y de la planificación en el desarrollo del pensamiento creativo.</p>	
Preguntas Orientadoras			
¿Cuáles son los fundamentos teóricos necesarios para abordar el tema de equilibrio químico redox?			
¿Qué aportan los diagramas logarítmicos al análisis de equilibrios químicos redox?			
¿Por qué analizar algunos sistemas en equilibrio químico redox supone utilizar diagramas logarítmicos por zonas de predominio?			

ACTIVIDADES				
Actividad	Materiales	Sesión-Tiempo	Categoría	Autores que aportaron Elementos teóricos de la didáctica de la Química
<p>1. Introducción a la teoría de equilibrio redox (Resumen)</p> <ul style="list-style-type: none"> Oxidación y reducción <p>Se iniciará la sesión con una “lluvia de ideas” sobre equilibrio químico redox en la cual los estudiantes expresarán las preconcepciones e ideas previas que tienen al respecto del tema. Posteriormente se llevará a cabo una catedra sobre los conceptos de oxidación y reducción respecto a su origen y evolución a modo de línea de tiempo; para después hacer un contraste con los conceptos contemporáneos. Posteriormente se proyectará un material audiovisual el cual muestra un experimento de oxido-reducción, se trata del comportamiento de cobre sólido en agua destilada, nitrato de plata y nitrato cúprico.</p>	<p>Power Point</p> <p>Video</p> <p>Línea de tiempo</p>	<p>Sesión1</p> <p>15 min</p>	<p>II y III</p>	<p>Izquierdo (2003)</p> <p>Farré et al. (2013)</p>

i o	<ul style="list-style-type: none"> Potencial eléctrico y Potencial redox <p>Articulando con el tema de oxidación-reducción, se definirán los potenciales eléctrico y redox, además, se describirán sus expresiones matemáticas, necesarias para el análisis de sistemas redox, para ello se hará uso de una presentación en Power Point</p>		Sesión1 15 min	II y III	Izquierdo (2003) Farré et al. (2013)
	<ul style="list-style-type: none"> Constante de equilibrio <p>Para finalizar, dentro del cuerpo de la presentación, se hará la descripción de la constante de equilibrio para reacciones redox, en la que, se relacionan los potenciales con la transferencia de electrones en la oxido-reducción por medio de una lectura alusiva al fenómeno, la cual se socializará en conjunto con los estudiantes.</p>		Sesión1 15 min	II y III	Izquierdo (2003) Farré et al. (2013)
	<p>2. Relación del equilibrio redox con los gráficos</p> <p>Realizar la presentación de las primeras alusiones a los diagramas logarítmicos utilizados como modelo matemático-gráfico para el estudio de equilibrios químicos a modo de revisión bibliográfica, posteriormente se hará énfasis en la relevancia del uso de modelos matemáticos y gráficos alternativos en la comprensión de fenómenos y modelos químicos, específicamente en equilibrio químico redox. Para ello, es necesario linealizar el comportamiento de las especies en equilibrio con el uso de logaritmos, los</p>	Power Point	Sesión1 15 min	I, II y III	Anderson (1985) López (1997) Izquierdo (2003) Ametller et al. (2011)

	<p>cuales permiten realizar un análisis más detallado de los sistemas estudiados.</p>				
	<p>3. Demostración del modelo general</p> <ul style="list-style-type: none"> • Por medio de una presentación en power point se hará la demostración paso a paso del modelo general (A → B) para construir los diagramas logarítmicos, utilizando la opción de animación para mostrar las simplificaciones, igualaciones y/o factorizaciones necesarias para llegar a la expresión, posteriormente se presenta el grafico correspondiente para el sistema 	<p>Power Point</p> <p>Gráficas</p>	<p>Sesión1</p> <p>1 hora</p>	<p>I, II y III</p>	<p>Anderson (1985)</p> <p>López (1997)</p> <p>Izquierdo (2003)</p> <p>Ametller et al. (2011)</p>
<p>D e s a r r o l l o</p>	<p>4. Ejemplo de diagrama logarítmico redox sencillo</p> <ul style="list-style-type: none"> • Para la clase sincrónica se realizará una primera aproximación a la elaboración de diagramas logarítmicos para el equilibrio redox de las especies oxidadas del Hierro (0,2⁺ y 3⁺), para ello, se hará uso de un contexto meta disciplinar, concretamente, un contexto industrial y tecnológico, por medio de un video relacionado con la extracción del mismo en el mineral Hematita (Fe₂O₃). Se hará uso de diapositivas para explicar el modelo matemático y una hoja de cálculo para construir el diagrama logarítmico correspondiente 	<p>Power Point</p> <p>Excel</p> <p>Vídeo</p>	<p>Sesión1</p> <p>1 hora ±15 min</p>	<p>I, II y III</p>	<p>Anderson (1985)</p> <p>López (1997)</p> <p>Izquierdo (2003)</p> <p>Ametller et al. (2011)</p>

<ul style="list-style-type: none"> • Como ejercicio complementario, se realizará una actividad individual extra clase con respecto a la elaboración de los diagramas logarítmicos para el equilibrio redox de las especies oxidadas del Cobre (Cu^0, Cu^{1+}, Cu^{2+}), el contexto meta disciplinar utilizado corresponde a un contexto histórico, tecnológico y ambiental, los cuales se relacionan con la explotación de los yacimientos de Cobre en Colombia desde los años 70' 		Extra-Clase	I, II y IV	Anderson (1985) López (1997) Izquierdo (2003) Ametller et al. (2011)
<p>5. Ejemplo de diagrama logarítmico con zonas de predominio</p> <ul style="list-style-type: none"> • Como primera actividad en esta sesión, se realizará la retroalimentación de la actividad extra clase referente a la explotación del Cobre en Colombia, para ello se abordarán las preguntas y/o puntos presentes en la actividad, las cuales serán presentadas por los participantes aleatoriamente con el uso de una ruleta virtual (Fluky), se seleccionará al azar a uno de los participantes para sustentar uno de los puntos de la actividad, por otra parte el segundo punto de la actividad se abordará a modo de discusión, en donde los estudiantes presentarán sus opiniones y puntos de vista respecto a las preguntas orientadoras, además, se solucionarán las dudas que los estudiantes puedan tener respecto a la actividad. 	Power Point Excel Vídeo	Sesión2 1 hora	I, II y III	Anderson (1985) López (1997) Izquierdo (2003) Ametller et al. (2011)

<ul style="list-style-type: none"> • Como actividad en clase se abordarán la construcción de diagramas logarítmicos teniendo en cuenta el análisis de zonas de predominio en el sistema de las especies de Manganeso (0, 2⁺ y 3⁺) cuya principal aplicación se da en pigmentos para ello se hará uso de un vídeo que expone como se pigmentan los ladrillos. Posteriormente se hará uso de diapositivas para explicar el modelo matemático y una hoja de cálculo para construir el diagrama logarítmico correspondiente. 		<p>Sesión2</p> <p>1 hora</p>	<p>I, II y III</p>	<p>Anderson (1985) López (1997) Izquierdo (2003) Ametller et al. (2011)</p>
<ul style="list-style-type: none"> • Para esta sesión, la actividad complementaria a realizar será con respecto a las especies de Cromo (0, 3⁺ y 6⁺), con ello se busca abordar un contexto metadisciplinar, concretamente un contexto ambiental relacionado con la toxicología de las especies oxidadas de Cromo. Como actividad complementaria, se pretenden fortalecer los temas abordados respecto a la construcción de diagramas logarítmicos por zonas de predominio y el análisis de los mismos de forma individual. 		<p>Extra-Clase</p>	<p>I, II y IV</p>	<p>Anderson (1985) López (1997) Izquierdo (2003) Ametller et al. (2011)</p>

C i e r r e	<p>6. Retroalimentación de la actividad para las especies del Cromo</p> <ul style="list-style-type: none"> Se realizará la retroalimentación de la actividad extra clase referente a la Toxicología de las especies oxidadas del Cromo y la construcción de diagramas logarítmicos por zonas de predominio, para ello se abordarán las preguntas y/o puntos presentes en la actividad, las cuales serán presentadas por los participantes aleatoriamente con el uso de una ruleta virtual (Fluky), se seleccionará al azar a uno de los participantes para sustentar uno de los puntos de la actividad, por otra parte el segundo punto de la actividad se abordará a modo de discusión, en donde los estudiantes presentarán sus opiniones y puntos de vista respecto a las preguntas orientadoras, además, se solucionarán las dudas y/o preguntas que los estudiantes puedan tener respecto a la actividad. 	<p>Power Point</p> <p>Excel</p>	<p>Sesión3</p> <p>1 hora ±15 min</p>	<p>I, II y III</p>	<p>Anderson (1985) López (1997) Izquierdo (2003) Ametller et al. (2011)</p>
	<p>7. Actividad final</p> <ul style="list-style-type: none"> Como ejercicio final se realizará una actividad que englobará la construcción y análisis de diagramas logarítmicos sencillos y diagramas logarítmicos por zonas de predominio, en el cual se abordarán diferentes contextos relacionados con las especies químicas a trabajar las cuales serán: Plomo (Pb^0, Pb^{2+} y Pb^{4+}); y como Actividad alternativa - biolixiviación de baterías Cobalto (Co^0, Co^{2+} y Co^{3+}) para el caso del plomo se trabajará un contexto ambiental y de salubridad respecto a la intoxicación con plomo. Para el cobalto, se abordará un contexto relacionado con el 		<p>Extra-Clase</p>	<p>I, II y IV</p>	<p>Anderson (1985) López (1997) Izquierdo (2003) Ametller et al. (2011)</p>

	tratamiento de pilas para recuperar metales a partir de biolixiviados, esto desde un contexto ambiental y tecnológico,				
--	--	--	--	--	--

Fuente. Elaboración propia.

Anexo 3.
Actividad #1 - industria del cobre en Colombia

Johan Santiago Bernal Sotelo; Jorge Humberto Guevara Londoño
Estudiantes Licenciatura en Química – Departamento de Química

Nombre: _____

El cobre es uno de los metales más utilizados en el mundo, en forma “pura” o en aleaciones con otros metales, el cobre se encuentra presente en las monedas, en utensilios de cocina, joyería, muebles, maquillaje, pinturas, instrumentos musicales y hasta en la ropa.

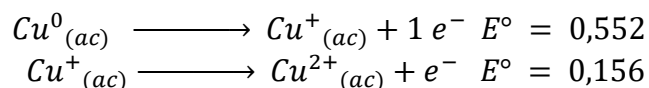
El campo industrial que más aprovecha el cobre es el de la industria automovilística, transporte e inclusive en vehículos espaciales. En la década de los años 70’ los automóviles usaban aproximadamente 10 kilogramos de cobre, recientemente los automóviles usan un aproximado de 20 kilogramos de cobre, dicho metal es usado en los motores, sistemas electrónicos y eléctricos, para un automóvil de lujo, los cables de cobre pueden llegar a medir más de 1,5 kilómetros y para un avión pueden superar fácilmente los 100 kilómetros de longitud.

Particularmente en Colombia, el interés del Cobre, comenzó en la década de los 60’ por un descubrimiento de depósitos de cobre hacia el norte cerca de Panamá, sin embargo, en 1970 INGEOMINAS (Instituto Nacional de Investigaciones Geológico-Mineras de Colombia) y el Servicio Geológico de los Estados Unidos identificaron anomalías en el sedimento de un arroyo en Pantanos-Pegadorcito (municipios de Frontino y Dabeiba, en el departamento Antioquia) y posteriormente confirmado en 1972 y 1973 mediante muestreos a lo largo de afluentes de los ríos Atrato, Cauca y San Juan. En el año 2007 Ingeominas otorgó la concesión Pantanos-Pegadorcito a Glencore (la cual es una multinacional Suiza) luego de una subasta pública y la compañía formó una empresa conjunta con AngloGold Ashanti (empresa sudafricana encargada de la producción de oro) llamada Dowea para trabajarla y otros objetivos de exploración en el cinturón que se extiende sobre una extensión norte-sur de más de 200 km (Harris, 2021).

Según Harris (2021) en la mina El Roble De Ático Mining ubicada en el municipio Carmen de Atrato, en el departamento del Chocó produce entre 10.000 a 15.000 toneladas de cobre por año, dicha mina se encuentra adquirida en un 90% por la minera canadiense Ático Mining, la cual adquirió el 90% de la compañía en el 2013 por un monto de US\$14 millones.

El cobre posee propiedades como lo son la alta conducción térmica y eléctrica, alta resistencia a la corrosión, poco magnetismo, alta ductilidad, extrema tenacidad y resistencia al desgaste; esto explica el hecho que sea tan ampliamente usado en maquinaria, sistemas eléctricos y electrónicos, además de ser uno de los oligoelementos necesarios para el cuerpo humano.

La configuración electrónica del Cobre es $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^{10} 4s^1$, debido a la energía de ionización tan baja del electrón en el subnivel $4s^1$ es que se puede obtener el ion Cu^+ (ion Cuproso, el más inestable de los 3) y para el caso del Cu^{2+} (ion Cúprico) se forma por remoción de un electrón en el subnivel $3d$, teniendo en cuenta las siguientes semirreacciones:



PRIMER PUNTO

- A. Plantee el sistema en equilibrio para las especies del cobre en términos de moles
- B. Calcule las constantes de equilibrio redox (K_d) teniendo en cuenta los potenciales de las semirreacciones previamente mencionadas, tenga en cuenta la siguiente ecuación:

$$pK_d = \frac{E^\circ * n}{0,06V}$$

en donde $n = \#e^-$

- C. Proponga las expresiones (balance material y de especies) para realizar el cálculo de las moles de las especies del Cobre
- D. En una hoja de cálculo realice el diagrama logarítmico correspondiente para volumen 0,1 L y concentración 0,1 M, tenga en cuenta que en el eje y se dispone $\log(n_i)$ y en el eje x pe
- E. Realice un análisis del diagrama logarítmico obtenido en el punto D, teniendo en cuenta la linealidad de las funciones
- F. Argumente ¿Cómo afectaría modificar el volumen y la concentración en el diagrama logarítmico obtenido en el punto D?
- G. Explique, basándose en el diagrama logarítmico elaborado en el punto D, la inestabilidad del Cu^+

SEGUNDO PUNTO

Teniendo en cuenta el contexto histórico sobre la explotación de cobre en Colombia:

- ¿Cuál es su postura frente a la explotación minera en Colombia?
- ¿Qué opina al respecto de la intervención de empresas extranjeras y multinacionales en el país

Anexo 4. Actividad #2 – Toxicología del Plomo

Johan Santiago Bernal Sotelo; Jorge Humberto Guevara Londoño
Estudiantes Licenciatura en Química – Departamento de Química

Nombre: _____

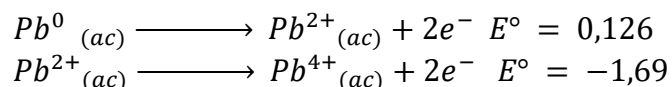
El plomo se encuentra clasificado como uno de los metales pesados, puesto que su densidad es once veces mayor a la del agua, un metal pesado se clasifica si su densidad es por lo menos 5 veces mayor a la del agua. (Fergusson, 1990).

El plomo y sus iones son ampliamente usados, se usa como aditivo antidetonante en la gasolina, en baterías, en monitores y pantallas, joyería, latas de conserva, tintes para el cabello, grifería, pigmentos, aceites, cosmetología, aleaciones, cerámicas, municiones, soldaduras, armamento, radiación atómica, insecticidas, etc. (Lanphear, s.f), el plomo al estar presente en muchos productos de uso cotidiano supone un gran riesgo para la salud puesto que, además de intoxicación por ingesta, por medio de la combustión en gasolina con plomo, dicho metal también se encuentra presente en el aire, por lo que, se puede tener contacto por medio respiratorio o cutáneo. (Ferrer, 2003). A largo plazo, el plomo puede causar intoxicaciones puesto que, se almacena en el cuerpo debido a su similitud química con el calcio, según Ferrer (2003) si bien no se puede evitar el contacto con el plomo, la concentración normal de dicho metal en el cuerpo es de 10 µg/dL para personas no expuestas (personas que no trabajan en minería), sin embargo, para los niños, se deben tomar medidas a partir de entre 10-14 µg/dL. Los síntomas de intoxicación ocurren entre los 35 y 50 µg/dL en niños y 40-60 µg/dL en adultos; y, la toxicidad severa, entre los ≥70 µg/dL en niños y ≥100 µg/dL en adultos. (Ferrer, 2003)

Particularmente los iones Pb^{2+} son peligrosos en altos niveles, según (Rojas-Challa, et al., 2016) dicho ion es un veneno metabólico al actuar como inhibidor de las enzimas, este ion actúa acumulándose en los huesos, cerebro, riñones y músculos, el plomo puede ser absorbido en los pulmones hasta en un 50%. Los efectos perjudiciales del plomo según la Organización Mundial de la Salud (2005) son: daños en el sistema nervioso central, retraso en el desarrollo mental e intelectual en los niños, hipertensión y enfermedades cardiovasculares en adultos, el plomo puede causar en algunos casos la muerte, sin embargo, es bastante frecuente que el afectado sufra de intoxicación crónica con daño gastrointestinal, neuromuscular, nervioso, hematológico, renal y/o reproductivo.

PRIMER PUNTO

A partir de las siguientes semirreacciones:



En una hoja de cálculo realice el diagrama logarítmico correspondiente para volumen 0,35 L y concentración 0,12 M, de las especies del Plomo implicadas en las anteriores semirreacciones.

SEGUNDO PUNTO

Teniendo en cuenta la concentración planteada en el primer punto (a condiciones estándar) y el contexto planteado en la lectura, argumente si dicha concentración sería tóxica o no en niños y adultos

Anexo 5. Actividad final – Toxicología del Cromo

Johan Santiago Bernal Sotelo; Jorge Humberto Guevara Londoño
Estudiantes Licenciatura en Química – Departamento de Química

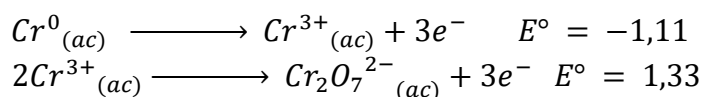
Nombre: _____

El efecto de los metales en la salud del ser humano ha sido una causante de muchos estudios a lo largo de la historia pues no solo se trata de identificar su efecto a corto y largo plazo en el cuerpo, sino de determinar las cantidades necesarias para llevar a cabo las funciones bioquímicas vitales en el organismo, así como el límite de ingesta para evitar intoxicaciones, entre otras. En el caso del cromo, un metal pesado del grupo 6 de la tabla periódica, sus valencias (0) (III) y (VI) son las que se encuentran con más frecuencia en la naturaleza, sin embargo, a nivel toxicológico existen efectos contrarios ligados a dichas valencias según Téllez et al. (2004) el cromo (III) se caracteriza por ser un oligoelemento, es decir, que es necesario para llevar a cabo ciertas funciones vitales, pero en exceso puede llegar a ser tóxico, específicamente tiene acciones en el metabolismo de la glucosa, el colesterol y los ácidos grasos, además de desempeñar un papel muy importante en diferentes reacciones enzimáticas. Por otra parte, el cromo (VI) es un elemento altamente tóxico para el ser humano y está clasificado por la IARC (International Agency for Research on Cancer) en el grupo I (cancerígeno comprobado en humanos) ya que en exposición prolongada produce cáncer en el sistema respiratorio.

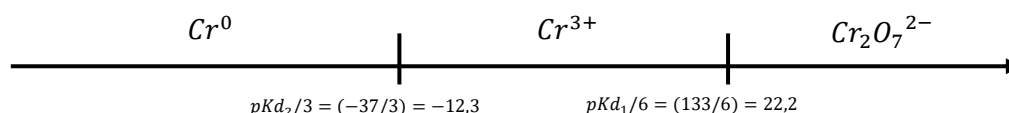
Al ser el Cromo (III) un oligoelemento, es posible encontrar varios artículos que resaltan la importancia de su ingesta para evitar enfermedades, por ejemplo, el caso del síndrome metabólico, enfermedad que engloba patologías tales como la diabetes, dislipemia y un aumento de la presión arterial que pueden desembocar en una enfermedad cardíaca provocando incluso un posible infarto de miocardio. (López et al., 2016), aunque no se conoce con exactitud la causa, se asocian las patologías a la obesidad, resistencia a la insulina, envejecimiento, genética, cambios de hormonas, estrés y falta de ejercicio. El cromo desempeña un papel muy importante en el metabolismo de los hidratos de carbono y de los lípidos, es por este motivo que puede ser de gran ayuda en el tratamiento del síndrome metabólico disminuyendo factores como el factor de tolerancia a la glucosa (FTG) o glucemia en la sangre, actuando sobre la diabetes al potenciar la acción de la insulina donde se estudia la recomendación de suministrar cromo y ácido nicotínico conjuntamente debido a la presencia de estos dos compuestos en FTG.

PRIMER PUNTO

A partir de las siguientes semirreacciones:



- A. Plantee el sistema en equilibrio para las especies del Cromo
- B. Calcule las constantes de equilibrio redox teniendo en cuenta los potenciales de las semirreacciones previamente mencionadas
- C. Proponga las expresiones (balance material y de especies) para realizar el cálculo de las moles de las especies del Cromo
- D. En una hoja de cálculo realice el diagrama logarítmico correspondiente para volumen 0,1 L y concentración 0,1 M
- E. Argumente ¿Por qué es pertinente hacer un estudio por zonas de predominio en este caso?
- F. Teniendo en cuenta el siguiente “Diagrama unidimensional de zonas de predominio” (DUZP):



- Explique la relación que hay entre los pKd y la cantidad de electrones cedidos por cada una de las especies y como se ve reflejado el cociente entre ellos en el diagrama elaborado en el punto D.
- ¿Qué relación encuentra entre este gráfico lineal y el diagrama logarítmico que realizó en el punto D?

SEGUNDO PUNTO

Teniendo en cuenta el diagrama que obtuvo en el punto D y el contexto del inicio: Suponga que usted ingiere un alimento que contiene una mezcla de $n \mu\text{g}$, entre los iones de Cr (Cr^0 , Cr^{3+} y $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$) ¿En qué rango del pe debería estar el equilibrio para que no haya un riesgo de intoxicación por Cr en su cuerpo

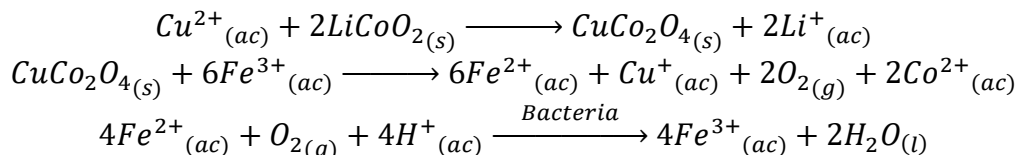
Anexo 6. Actividad alternativa - biolixiviación de baterías

Johan Santiago Bernal Sotelo; Jorge Humberto Guevara Londoño
Estudiantes Licenciatura en Química – Departamento de Química

Nombre: _____

Una de las mayores preocupaciones en el ámbito ambiental se centra en el tratamiento las pilas después de ser desechadas, pues son altamente contaminantes ya que pueden estar elaboradas a partir de varios elementos dañinos para la salud y el medio ambiente (Pb, Cd, Co, Li, S, Cl, entre otros) dependiendo de la forma en que convierten energía química en eléctrica. Las pilas funcionan en principio por la interacción de tres elementos básicos: un ánodo (el lugar donde ocurre la reacción de oxidación del material y es el encargado de suministrar los electrones - corriente anódica), un cátodo (donde ocurre la reacción de reducción y que tiene como función la recepción de los electrones liberados en el ánodo - corriente catódica) y un electrolito (que es el puente entre el ánodo y el cátodo y que permite la migración de las especies iónicas) (Betancur, 2016).

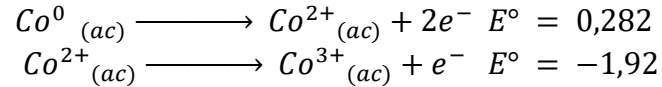
Han surgido varias técnicas para recuperar metales a partir de las baterías para reutilizarlos de alguna manera, entre ellas: procesos hidrometalúrgicos, pirometalúrgicos, mecánico-químicos y Bio-metalúrgicos (Bio-lixiviación); estos últimos son particularmente atractivos para la comunidad científica ya que para este tipo de procesos se han usado bacterias quimio-trópicas y acidofílicas cuyo objetivo es hacer que los metales presentes en las baterías ion-litio se disuelvan gracias a la acción de sus metabolitos (Mishra et al., 2008). Varias pruebas realizadas en los años 2012 y 2013 utilizaron la bacteria *Acidithiobacillus ferrooxidans* la cuál demostró capacidades para producir H_2SO_4 promoviendo la lixiviación de los metales que componen el cátodo de las baterías, especialmente del cobalto. Zeng et al. (2012) lograron obtener una disolución del 43% de Co en 10 días (en ausencia de Cu) y de 99% cuando se agregaba a la solución 0,75 g/L de $CuSO_4$. El Cu tiene un papel fundamental en ese aumento de porcentaje ya que actúa como catalizador acelerando la liberación de los metales de la siguiente manera:



En este experimento se concluyó también que $0,75 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$ $CuSO_4$ es la cantidad que se debe añadir para obtener una máxima lixiviación, pues a menores o mayores cantidades de cobre el proceso de lixiviación no es tan eficiente ya que el Cu tiende a presentar exceso o a ser incluso limitante del proceso.

TERCER PUNTO

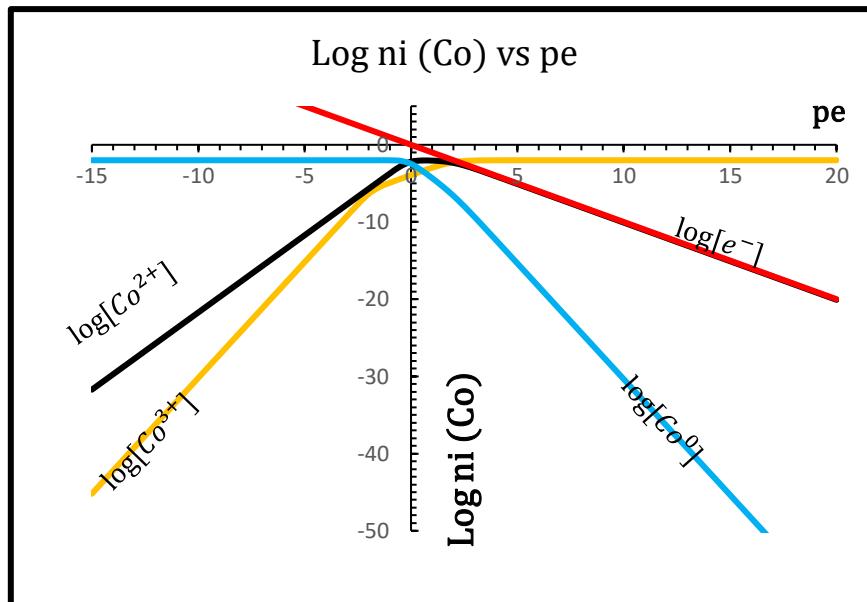
A partir de las siguientes semirreacciones:



- A. En una hoja de cálculo realice el diagrama logarítmico por zonas de predominio, correspondiente para volumen 0,5 L y concentración 0,99 M, de las especies del Cobalto implicadas en las anteriores semirreacciones.
- B. Teniendo en cuenta que en las reacciones implicadas en la recuperación de metales a partir de pilas por el método de biolixiviación el cobalto es recuperado en medio acuoso en su estado 2⁺, argumente a partir del diagrama elaborado en el punto 3-D porqué esta especie tenderá a oxidarse o a reducirse fácilmente

CUARTO PUNTO

Compare el diagrama logarítmico por zonas de predominio elaborado en el punto 3-D y el siguiente diagrama logarítmico sencillo para el mismo sistema de Co, haciendo énfasis en la utilidad de cada diagrama:



Anexo 7.
Instrumento de recolección de datos (LIKERT)

Johan Santiago Bernal Sotelo; Jorge Humberto Guevara Londoño
Estudiantes Licenciatura en Química – Departamento de Química

La tabla que se muestra a continuación, contiene las categorías elegidas para que exprese su grado de acuerdo o desacuerdo con respecto a algunos enunciados sobre **sus conocimientos y habilidades** en lo que refiere a el uso de diagramas logarítmicos para el estudio de equilibrios químicos redox. Esto se hace para obtener información respecto a las habilidades científicas que ha venido desarrollando a lo largo de su formación profesional.

Para contestar marque con una **X** frente a cada afirmación teniendo en cuenta la siguiente tabla:

Valor	Equivalente
1	Completamente en desacuerdo
2	En desacuerdo
3	Ni en acuerdo ni en desacuerdo
4	De acuerdo
5	Completamente de acuerdo

#	Afirmación	1	2	3	4	5
1	Puedo predecir la estabilidad y reactividad de una especie por medio de diagramas logarítmicos					
2	Comprendo el significado del valor de la K_d al interpretar un equilibrio químico redox.					
3	Propongo diferentes métodos para solucionar un problema matemático					
4	Interpreto ecuaciones matemáticas para poder elaborar representaciones gráficas de un sistema objeto de estudio					
5	Establezco una serie de pasos para solucionar un problema					
6	Comprendo las implicaciones de perturbar un sistema equilibrio al modificar el volumen y la concentración analíticos en un equilibrio químico					
7	Puedo calcular numéricamente los valores de la K_d (constantes de equilibrio) a partir de los potenciales estándar de una semirreacción					
8	Por medio de un gráfico puedo establecer si una especie actúa como agente oxidante o agente reductor en determinadas condiciones de temperatura, presión y pH					
9	Planteo modelos matemáticos para relacionar algebraicamente las variables implicadas en un equilibrio químico					

10	Propongo alternativas de cálculo para solucionar un problema matemático					
11	Relaciono conceptos disciplinares con contextos históricos, ambientales, sociales, tecnológicos, etc.					
12	A partir de un gráfico puedo inferir si una especie tiende a donar o aceptar electrones					
13	Interpreto y relaciono los puntos de inflexión y puntos de corte de sendas funciones dentro de un diagrama, con el comportamiento químico de una especie					
14	Relaciono las tendencias que revelan las funciones en un diagrama con el comportamiento químico de una especie					
15	Ordeno los datos y variables a utilizar en un ejercicio antes de solucionarlo					
16	Realizo un ejercicio de razonamiento para interpretar la estabilidad de una especie a partir de un gráfico					
17	A partir de la pK_d puedo conocer la relación molar en un punto específico del equilibrio químico entre dos especies					
18	Conozco y entiendo las propiedades de los logaritmos					
19	Predigo los factores que influyen en el comportamiento de una especie en equilibrio químico					
20	Comprendo la definición conceptual y matemática del p_e (potencial de electrones) y lo asocio al comportamiento químico de una especie					
21	Elaboro tablas para disponer los datos obtenidos					
22	Con base en la tendencia de las funciones en un diagrama puedo concluir la predominancia de una especie en un sistema					
23	Planteo hipótesis antes de la resolución de un ejercicio relacionado con la temática de equilibrio químico					

Anexo 8.
Formato de evaluación de la secuencia didáctica.

EVALUACIÓN DE LA SECUENCIA DIDÁCTICA
Johan Santiago Bernal Sotelo – Jorge Humberto Guevara Londoño
MsC. Diego Alexander Blanco Martínez

Estimado(a) docente, el trabajo evaluativo que usted realizará servirá de contribución al desarrollo del trabajo de grado titulado QUÍMICA EN CONTEXTO: ENSEÑANZA DEL EQUILIBRIO QUÍMICO REDOX A TRAVÉS DE DIAGRAMAS LOGARÍTMICOS PARA FORTALECER HABILIDADES CIENTÍFICAS, para optar por el título de Licenciados en Química de la Universidad Pedagógica Nacional; en este sentido, teniendo en cuenta el rol colaborador es importante para nosotros conocer algunos aspectos de su trayectoria académica, personal y profesional en el campo de la enseñanza de las ciencias. Es importante resaltar que los datos allí consignados serán custodiados, de modo tal que al hacer referencia de dicha información se hará empleando nombres ficticios. De antemano agradecemos su disposición y tiempo en este proceso.

Datos del experto:

Nombres y apellidos	
Título(s) de pregrado	
Título(s) de posgrado	
Programa en el que labora actualmente	
Institución educativa y/o universitaria	
Email	

Experiencia Docente:

Años totales de experiencia profesional	
Años de experiencia como docente	
Otro tipo de experiencia docente	

El presente instrumento tiene como objeto evaluar los aspectos metodológicos que constituyen la secuencia de enseñanza aprendizaje denominada: “diagramas logarítmicos para análisis de equilibrio químico redox”, en esta se utilizan situaciones contextualizadas desde el modelo de química en contexto para fortalecer algunas habilidades científicas en un grupo de profesores en formación inicial.

Para la evaluación del contenido de la secuencia didáctica se recupera la rúbrica diseñada en el estudio de Ibarra et al. (2018). Los autores plantean 6 criterios para la validación del instrumento por parte de expertos, para evaluar dichos criterios se proponen 4 niveles de dominio: Receptivo, resolutivo, autónomo y estratégico; según lo establecido por Tobón (2013). Para este estudio se realizaron modificaciones con el fin de adaptar el instrumento a los intereses de la presente investigación.

Teniendo en cuenta la anterior descripción, se le solicita cordialmente llenar la siguiente tabla haciendo uso de los niveles de dominio (1-4) para cada criterio, los cuales están descritos en cada uno de los casos, argumentando el porqué de su valoración en el apartado “justificación”.

Tabla 3. Instrumento rúbrica socioformativa para valorar las secuencias didácticas en el diseño de cursos de formación docente.

Criterios	Niveles de dominio	Justificación
¿En qué grado se plantean las competencias, objetivos y preguntas orientadoras en la secuencia didáctica?	<p>Receptivo (Insuficiente): menciona las competencias y los objetivos considerando los contenidos temáticos.</p> <p>Resolutivo (Suficiente): relaciona las competencias, objetivos y preguntas orientadoras con una situación hipotética desvinculada del contexto en el que se desarrollan las actividades.</p> <p>Autónomo (Satisfactorio): Describe la importancia del problema y su relación con los contenidos temáticos a partir de las competencias, objetivos y preguntas orientadoras.</p> <p>Estratégico (Destacado): muestra la vinculación entre las competencias, los objetivos y las preguntas orientadoras a lo largo de la secuencia de actividades del curso.</p>	
¿En qué grado se recuperan y analizan los saberes previos en la secuencia didáctica?	<p>Receptivo (Insuficiente): recupera las ideas principales de un texto y las plasma en un esquema gráfico.</p> <p>Resolutivo (Suficiente): relaciona la información nueva con sus experiencias previas empleando situaciones hipotéticas.</p> <p>Autónomo (Satisfactorio): construye ambientes de aprendizaje a partir de la retroalimentación de conocimientos.</p> <p>Estratégico (Destacado): genera reflexión a partir de la búsqueda de información en las</p>	

	experiencias previas y moviliza los aprendizajes posteriores.	
¿En qué grado se construye y gestiona el conocimiento mediante la metodología implementada en el diseño de la secuencia didáctica?	<p>Receptivo (Insuficiente): organiza la información correspondiente a la temática.</p> <p>Resolutivo (Suficiente): comprende y analiza los conceptos claves implicados en el problema del contexto.</p> <p>Autónomo (Satisfactorio): interpreta y argumenta la información obtenida de las diversas fuentes revisadas.</p> <p>Estratégico (Destacado): resuelve el problema a partir de la evaluación de los saberes necesarios y los conceptos implicados.</p>	
¿En qué grado contextualiza el problema a partir de la metodología de la secuencia diseñada?	<p>Receptivo (Insuficiente): describe el contexto de aplicación del problema y los saberes.</p> <p>Resolutivo (Suficiente): gestiona los recursos necesarios para analizar y comprender los problemas.</p> <p>Autónomo (Satisfactorio): genera un diagnóstico del contexto donde se presenta y resuelve el problema.</p> <p>Estratégico (Destacado): determina el contexto de aplicación del problema mediante estrategias que promueven la transversalidad y la creatividad.</p>	
¿En qué grado se aborda y resuelve el problema a partir del diseño de la secuencia?	<p>Receptivo (Insuficiente): analiza el problema considerando los presupuestos teóricos que sustenta la temática del curso.</p> <p>Resolutivo (Suficiente): resuelve el problema mediante una estrategia fundamentada en una teoría o enfoque pedagógico.</p> <p>Autónomo (Satisfactorio): argumenta las acciones que implementa para resolver el problema, considerando aspectos éticos y de impacto en el contexto.</p>	

	Estratégico (Destacado): establece acciones para mejorar el contexto a través de la generación de productos que demuestran el nivel de desempeño y aprendizaje.	
¿En qué grado se socializa la experiencia y se promueve la metacognición a partir del diseño de la secuencia didáctica?	<p>Receptivo (Insuficiente): presenta los elementos teóricos obtenidos de la investigación documental realizada.</p> <p>Resolutivo (Suficiente): relaciona la teoría con la práctica a través de las actividades establecidas.</p> <p>Autónomo (Satisfactorio): presenta las evidencias necesarias para resolver el problema considerando unos determinados criterios.</p> <p>Estratégico (Destacado): promueve el mejoramiento continuo de las acciones realizadas y los productos generados para demostrar el aprendizaje.</p>	

Anexo 9.
Instrumento para la evaluación de la prueba LIKERT

Johan Santiago Bernal Sotelo – Jorge Humberto Guevara Londoño

Estimado(a) docente, en este apartado se presenta la tabla 2. la cual tiene como objetivo evaluar la escala de valoración LIKERT diseñada para la evaluación de las habilidades científicas previamente seleccionadas y categorizadas para un análisis estadístico. En este instrumento se presentan 6 parámetros, marque con una **X** si se cumple o no se cumple (en sus respectivas casillas) el parámetro y argumente el porqué, en el apartado “justificación”. En caso de tener observaciones y/o recomendaciones al final del documento se encuentra disponible una casilla para diligenciarla.

Tabla 4. Formato de evaluación de la escala LIKERT.

#	Parámetro	Cumple	No cumple	Justificación
1	Las afirmaciones son pertinentes en términos de redacción e importancia para el estudio			
2	¿Las afirmaciones están bien categorizadas respecto a las habilidades científicas a fortalecer?			
3	Teniendo en cuenta que se pretende realizar un análisis estadístico: ¿el número de afirmaciones es pertinente para dicho análisis?			
4	Es conveniente utilizar análisis estadístico desde el retest y Alpha Cronbach			
5	La redacción del encabezado es adecuada y explica detalladamente la forma de diligenciar el instrumento			
6	Los términos disciplinares utilizados en el instrumento son coherentes			

Fuente. Elaboración propia.

Observaciones y/o recomendaciones:

Anexo 10.
Solución de la actividad 1 (estudiante 7)

Tabla resumen de datos obtenidos

Especie	Cu ⁰
n _{Totales}	$n_{Cu^0} = \frac{n_{Total}}{\left(1 + \frac{Kd_1}{[e^-]} + \frac{Kd_1Kd_2}{[e^-]^2}\right)}$
Log (n _{Totales})	$\log n_{Cu^0} = \log n_{Total} - \log \left(1 + \frac{Kd_1}{[e^-]} + \frac{Kd_1Kd_2}{[e^-]^2}\right)$

Tabla 1: resumen de datos obtenidos. Elaboración propia

Especie	Cu ¹⁺
n _{Totales}	$[n_{Cu^{1+}}] = \frac{n_{Total}}{\left(\frac{[e^-]}{Kd_1} + 1 + \frac{Kd_2}{[e^-]}\right)}$
Log (n _{Totales})	$\log [n_{Cu^{1+}}] = \log n_{Total} - \log \left(\frac{[e^-]}{Kd_1} + 1 + \frac{Kd_2}{[e^-]}\right)$

Tabla 2: resumen de datos obtenidos. Elaboración propia

Especie	Cu ²⁺
n _{Totales}	$[n_{Cu^{2+}}] = \frac{n_{Total}}{\left(\frac{[e^-]^2}{Kd_1Kd_2} + \frac{[e^-]}{Kd_2} + 1\right)}$
Log (n _{Totales})	$\log [n_{Cu^{2+}}] = \log n_{Total} - \log \left(\frac{[e^-]^2}{Kd_1Kd_2} + \frac{[e^-]}{Kd_2} + 1\right)$

Tabla 3: Elaboración propia. resumen de datos obtenidos.

Variable	Valores
<i>pKd₁</i>	-9,2
<i>pKd₂</i>	-2,6
<i>pKd₁pKd₂</i>	-6.6

Tabla 4: Elaboración propia. resumen de datos obtenidos.

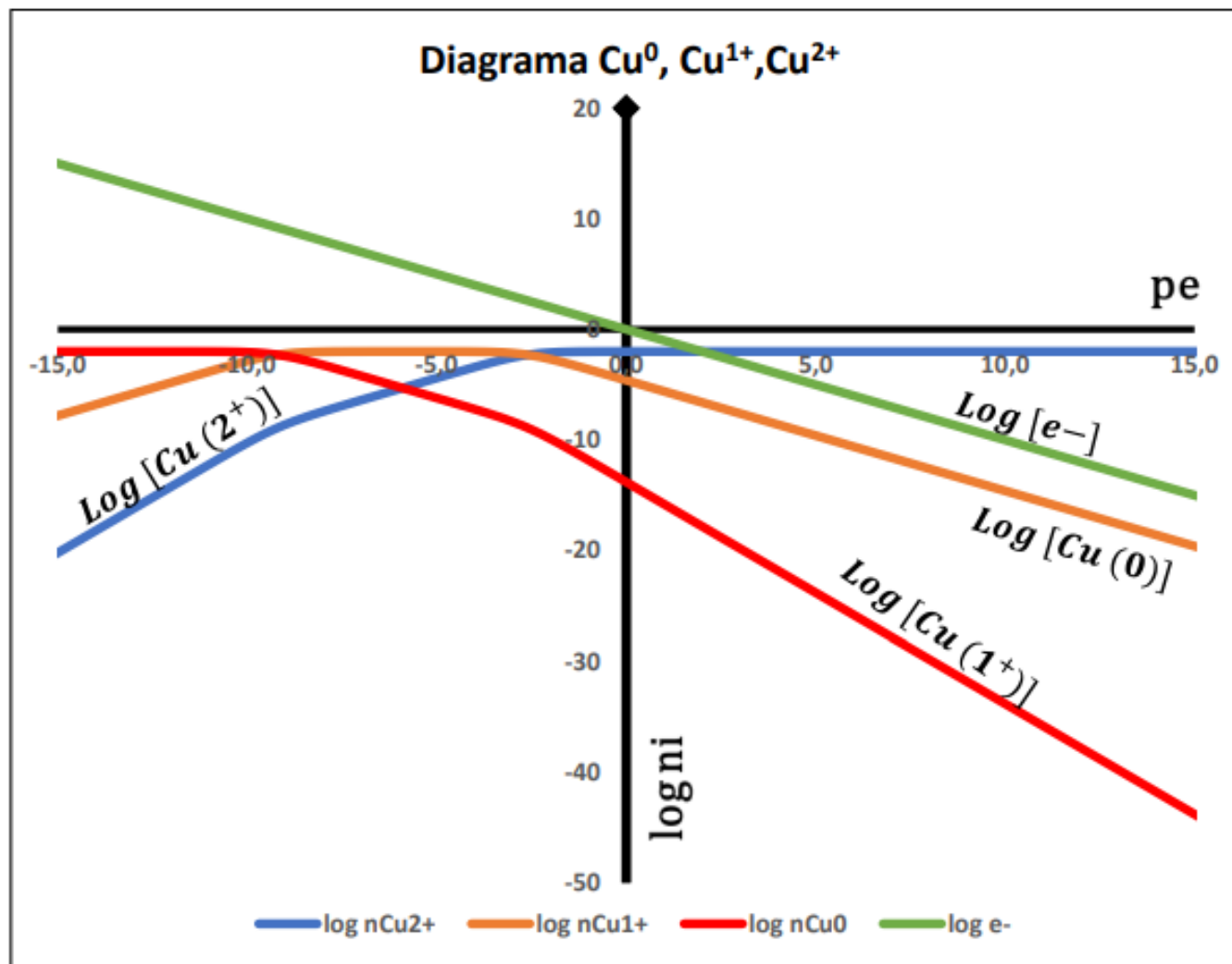


Ilustración 3: elaboración propia grafica del diagrama $\text{Cu}^0, \text{Cu}^{1+}, \text{Cu}^{2+}$

F. Realice un análisis del diagrama logarítmico obtenido en el punto D, teniendo en cuenta la linealidad de las funciones

Análisis

Con respecto a la oxidación de Cu^0 , Cu^{1+} y Cu^{2+}

- Se observa la linealidad de las especies del Cu^0 y Cu^{1+} con respecto al eje x (pe) con pendiente cero en el punto (-9,0) y también la linealidad de las especies Cu^{1+} y Cu^{2+} en el punto (-2,5).
- Si observamos la función (Cu^0) tiene una linealidad de mas o menos (-15) hasta (-9,0).
- Entonces esta especie cuando llegue a un potencial de -9,0 se oxida, es decir pasa de estado de oxidación 0 a 1+. Cuando sucede esto, en ese mismo punto comienza la linealidad del Cu^{1+} , con respecto al eje X (pe) y con pendiente cero.
- A medida que va aumentando el potencial de electrones la función de Cu^{1+} llega aproximadamente a (-2,5) y deja de ser lineal con pendiente cero. Lo cual significa que pasa del estado de oxidación de 1+ a 2+ y luego cae, es decir deja de estar en equilibrio con la especie Cu^{1+} . Además, en este punto el Cu^{1+} se va oxidar a Cu^{2+} .
- La especie Cu^{2+} en el punto (-2,5) comienza su linealidad hasta (15), con respecto al eje X (pe) y con pendiente cero.

Con respecto a la reducción de Cu^0 , Cu^{1+} y Cu^{2+}

- En términos de reducción se tiene la especie las oxidada que en nuestro caso el Cu^{2+} lo cual significa que cuando llegamos a un potencial de electrones de aproximadamente (-2,5) se reduce a Cu^{1+} .
- Cuando llegamos a un potencial de electrones de aproximadamente (-9,0), la especie Cu^{1+} se va a reducir a la especie Cu^0 .

Por otra cabe resaltar, que el potencial de electrones nos habla acerca de la actividad de los electrones en el sistema, esto quiere decir que a potenciales altos o mayores, hay pocos electrones, por lo cual se esperaría que las especies que predominen esta zona sean especies oxidadas porque casi no hay electrones en el medio y las especies tienden a ceder estos electrones, mientras que a pe bajos hay una mayor cantidad de electrones y se esperaría que las especies que se encuentren en esta zona es decir en mayor proporción o con mayor predominancia sean las más reducidas. Esto significa que el medio está saturado de electrones y por ende las especies tienden a aceptar electrones.

En el eje Y podemos analizar la concentración en términos de moles, lo cual significa que a medida que sea más baja la función la especie se encuentra en menor proporción.

Cuando 2 funciones se cruzan (presencia de un punto) se dice que existe un equilibrio químico, porque es allí donde las moles y las velocidades de reacción de las 2 especies van a ser iguales porque están en el mismo punto del eje Y.

G. Argumente ¿Cómo afectaría modificar el volumen y la concentración en el diagrama logarítmico obtenido en el punto D?

Se podría decir que afectaría el número de moles totales de cada una de las especies que estén presentes en el sistema. Porque al no manejar el sistema en condiciones estándar se va efectuar un aumento en las funciones con respecto al eje Y.

H. Explique, basándose en el diagrama logarítmico elaborado en el punto D, la inestabilidad del Cu^+

Analizando el comportamiento que tiene el Cu^{1+} en el diagrama logarítmico, se puede decir que es el más inestable de los 3 porque tiene una menor linealidad que los demás, lo cual significa que no predomina en mayor proporción a pesar de que es la especie más reducida.

SEGUNDO PUNTO

Teniendo en cuenta el contexto histórico sobre la explotación de cobre en Colombia:

• **¿Cuál es su postura frente a la explotación minera en Colombia?**

Que el mismo país se encargue de formar profesionales idóneos para la extracción de recursos mineroenergéticos como oro, carbón, petróleo, ferróniquel entre otros para desarrollar una industria del cobre y poder generar buenos ingresos en los cuales se puedan invertir en educación y en asuntos de pobreza extrema. Con esto de la explotación minera se esperaría que en un año aumente significativamente por la intención de aumentar la exploración y producción de cobre, con el fin de que el metal se convierta en una pieza clave de la transición energética.

• **¿Qué opina al respecto de la intervención de empresas extranjeras y multinacionales en el país?**

Que deberían seguir exportando cobre para las grandes multinacionales del mundo para que así se siga generando más producción de cobre y no se quede sin ninguna utilidad, ya que con el la mayoría de industrias les da una excelente productibilidad. Además de esto hay que tener precaución porque la producción del cobre genera un grande impacto ambiental.

Anexo 11.
Solución de la actividad 2 (estudiante 3)

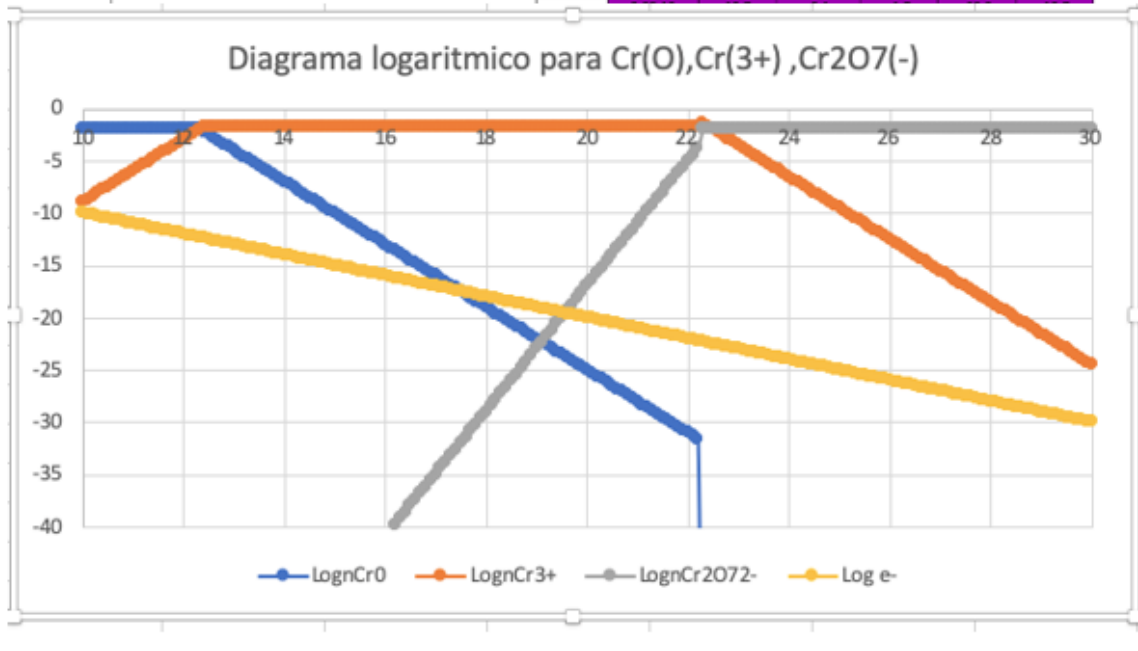
	$pe \ll 12,3$
Cr ⁰	$Logn_{Totales} = LognCr^0$
Cr ³⁺	$LognCr^{3+} = Logn_{Totales} - pKd1 + 3pe$
Cr ₂ O ₇ ⁻²	$LognCr_2O_7^{-2} = 2Logn_{Totales} - 2 * pKd_1 - pKd_2 * 15pe$
	$12,3 \ll pe \ll 22,2$
Cr ⁰	$Logn_{Cr^0} = Logn_{totales} - 3pe + pKd_1$
Cr ³⁺	$Logn_{Cr^{3+}} = Log(2) + LogLogn_{totales}$
Cr ₂ O ₇ ⁻²	$Logn_{Cr_2O_7^{-2}} = 2 Log[n_{totales}] - pKd_2 + 6pe$
	$pe \gg 22,2$
Cr ⁰	$Logn_{cr^0} = \frac{1}{2}(Logn_{Totales} + pKd2) - 7,5 + pKd1$
Cr ³⁺	$Logn_{cr^{3+}} = \frac{1}{2}(Logn_{Totales} + pKd2) - 3pe$
Cr ₂ O ₇ ⁻²	$LognCr_2O_7^{-2} = logn_{Totales}$

D. En una hoja de cálculo realice el diagrama logarítmico correspondiente para volumen 0,1 L y concentración 0,1 M

CONSTANTE	VALOR	e ⁻	pe	LognCr ⁰	LognCr ³⁺	LognCr ₂ O ₇ ⁻²	Log e ⁻
pKd1	37	1,0E-10	10	-2	-9	-20028	-10
pKd2	133	7,9E-11	10,1	-2	-8,7	-20227,5	-10,1
pKd1/3	18,5	6,3E-11	10,2	-2	-8,4	-20427	-10,2
pKd2/6	66,5	5,0E-11	10,3	-2	-8,1	-20626,5	-10,3
Kd2Kd1	1230,25	4,0E-11	10,4	-2	-7,8	-20826	-10,4
[Fe] M	0,1	3,2E-11	10,5	-2	-7,5	-21025,5	-10,5
[V] L	0,1	2,5E-11	10,6	-2	-7,2	-21225	-10,6
nTotales	0,01	2,0E-11	10,7	-2	-6,9	-21424,5	-10,7
		1,6E-11	10,8	-2	-6,6	-21624	-10,8
		1,3E-11	10,9	-2	-6,3	-21823,5	-10,9
		1,0E-11	11	-2	-6	-22023	-11
		7,9E-12	11,1	-2	-5,7	-22222,5	-11,1
		6,3E-12	11,2	-2	-5,4	-22422	-11,2
		5,0E-12	11,3	-2	-5,1	-22621,5	-11,3
		4,0E-12	11,4	-2	-4,8	-22821	-11,4
		3,2E-12	11,5	-2	-4,5	-23020,5	-11,5
		2,5E-12	11,6	-2	-4,2	-23220	-11,6
		2,0E-12	11,7	-2	-3,9	-23419,5	-11,7
		1,6E-12	11,8	-2	-3,6	-23619	-11,8
		1,3E-12	11,9	-2	-3,3	-23818,5	-11,9
		1,0E-12	12	-2	-3	-24018	-12
		7,9E-13	12,1	-2	-2,7	-24217,5	-12,1
		6,3E-13	12,2	-2	-2,4	-24417	-12,2
		5,0E-13	12,3	-2	-2,1	-24616,5	-12,3
		4,0E-13	12,4	-2,2	-1,7	-62,6	-12,4
		3,2E-13	12,5	-2,5	-1,7	-62	-12,5
		2,5E-13	12,6	-2,8	-1,7	-61,4	-12,6

pe << 12,3	
Cr ⁰	$Logn_{Totales} = LognCr^0$
Cr ³⁺	$LognCr^{3+} = Logn_{Totales} - pKd1 + 3pe$
Cr ₂ O ₇ ⁻²	$LognCr_{2}O_{7}^{-2} = 2Logn_{Totales} - 2 \cdot pKd_2 - pKd_1 + 15pe$

12,3 << pe << 22,2	
Cr ⁰	$Logn_{Cr^0} = Logn_{Totales} - 3pe + pKd_1$
Cr ³⁺	$Logn_{Cr^{3+}} = Log(2) + LogLogn_{Totales}$



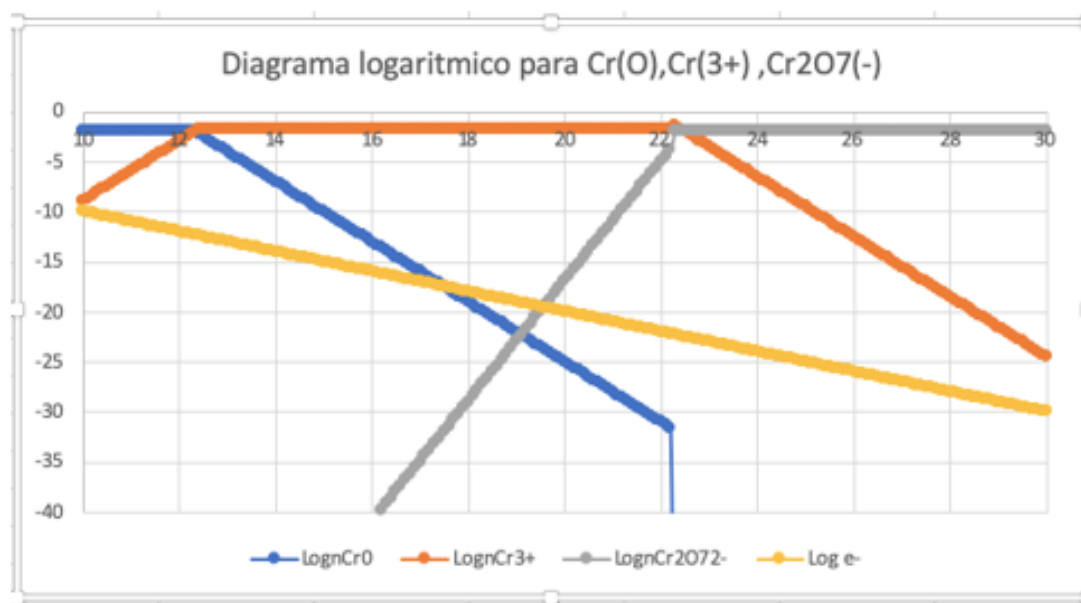
- ¿Qué relación encuentra entre este gráfico lineal y el diagrama logarítmico que realizó en el punto D?

La relación del gráfico lineal con el diagrama logarítmico es que cuando las pK_d/e^- cedidos nos indica la zona de predominio donde termina y se inicia un predominio nuevo con la otra especie.

CUARTO PUNTO

Teniendo en cuenta el diagrama que obtuvo en el punto D y el contexto del inicio: Suponga que usted ingiere un alimento que contiene una mezcla de $n \mu g$, entre los iones de Cr (Cr^0 , Cr^{3+} y $Cr_2O_7^{2-}$) ¿En qué rango del p_e debería estar el equilibrio para que no haya un riesgo de intoxicación por Cr en su cuerpo.

El Cr^{3+} desde un inicio en la relación estequiometrica con el $Cr_2O_7^{2-}$, hay 2 moles de Cr^{3+} indicandonos desde un principio que esta especie de cromo es la que va a tener mayor estabilidad de la triada esto se puede evidenciar en el diagrama logarítmico, que la zona de predominio en la que no hay una intoxicación $12,3 \leq p_e \leq 22,4$ en donde hay una linealidad estable de Cr^{3+} A DIFERENCIA DE LAS DEMÁS ESPECIES.



Anexo 12.
Solución de la actividad 3 (estudiante 11)

$$\text{Pb}^{\circ} \text{ (s)} \longrightarrow \text{Pb}^{2+} \text{ (aq)} + 2e^{-}$$

Inicio	$n_{\text{Pb}^{\circ}}$	—	—	$E^{\circ} = 0,126$
Equilibrio	$n_{\text{Pb}^{\circ}}$	$n_{\text{Pb}^{2+}}$	$2e^{-}$	$pK_{d1} = \frac{E^{\circ} \cdot n}{0,06 \text{ V}}$ $= \frac{(0,126)(2)}{0,06}$ $= 4,2$

$$\text{Pb}^{2+} \text{ (aq)} \longrightarrow \text{Pb}^{4+} \text{ (aq)} + 2e^{-}$$

Inicio	$n_{\text{Pb}^{2+}}$	—	—	$E^{\circ} = -1,69$
Equilibrio	$n_{\text{Pb}^{2+}}$	$n_{\text{Pb}^{4+}}$	$2e^{-}$	$pK_{d2} = -56,3$

$$K_{d1} = \frac{n_{\text{Pb}^{2+}} \cdot [e^{-}]^2}{n_{\text{Pb}^{\circ}}} = 10^{-4,2}$$

$$K_{d2} = \frac{n_{\text{Pb}^{4+}} \cdot [e^{-}]^2}{n_{\text{Pb}^{2+}}} = 10^{56,3}$$

$$(K_{d1})(K_{d2}) = \frac{n_{\text{Pb}^{2+}} \cdot [e^{-}]^2}{n_{\text{Pb}^{\circ}}} \cdot \frac{n_{\text{Pb}^{4+}} \cdot [e^{-}]^2}{n_{\text{Pb}^{2+}}} = 10^{-4,2} \cdot 10^{56,3}$$

$$= \frac{[e^{-}]^2}{n_{\text{Pb}^{\circ}}} \cdot n_{\text{Pb}^{4+}} \cdot [e^{-}]^2 = 10^{-4,2} \cdot 10^{56,3}$$

$$= \frac{n_{\text{Pb}^{4+}} \cdot [e^{-}]^4}{n_{\text{Pb}^{\circ}}} = 10^{52,1}$$

$$n_T = n_{Pb^0} + n_{Pb^{2+}} + n_{Pb^{4+}}$$

• Para n_{Pb^0}

$$K_{d1} = \frac{n_{Pb^{2+}} \cdot [e^-]^2}{n_{Pb^0}}$$

$$K_{d1}K_{d2} = \frac{n_{Pb^{4+}} \cdot [e^-]^4}{n_{Pb^0}}$$

$$n_{Pb^{2+}} = \frac{K_{d1} \cdot n_{Pb^0}}{[e^-]^2}$$

$$n_{Pb^{4+}} = \frac{K_{d1}K_{d2} \cdot n_{Pb^0}}{[e^-]^4}$$

$$n_T = n_{Pb^0} + n_{Pb^{2+}} + n_{Pb^{4+}}$$

$$= n_{Pb^0} + \frac{K_{d1} \cdot n_{Pb^0}}{[e^-]^2} + \frac{K_{d1}K_{d2} \cdot n_{Pb^0}}{[e^-]^4}$$

$$= n_{Pb^0} \cdot \left(1 + \frac{K_{d1}}{[e^-]^2} + \frac{K_{d1}K_{d2}}{[e^-]^4} \right)$$

$$n_{Pb^0} = \frac{n_T}{\left(1 + \frac{K_{d1}}{[e^-]^2} + \frac{K_{d1}K_{d2}}{[e^-]^4} \right)}$$

$$\log n_{Pb^0} = \log \left[\frac{n_T}{\left(1 + \frac{K_{d1}}{[e^-]^2} + \frac{K_{d1}K_{d2}}{[e^-]^4} \right)} \right]$$

$$= \log n_T - \log \left(1 + \frac{K_{d1}}{[e^-]^2} + \frac{K_{d1}K_{d2}}{[e^-]^4} \right) \quad \checkmark$$

• Para Pb^{2+}

$$K_{d1} = \frac{n_{\text{Pb}^{2+}} \cdot [\text{e}^-]^2}{n_{\text{Pb}^0}}$$

$$n_{\text{Pb}^0} = \frac{n_{\text{Pb}^{2+}} \cdot [\text{e}^-]^2}{K_{d1}}$$

$$K_{d2} = \frac{n_{\text{Pb}^{4+}} \cdot [\text{e}^-]^2}{n_{\text{Pb}^{2+}}}$$

$$n_{\text{Pb}^{4+}} = \frac{K_{d2} \cdot n_{\text{Pb}^{2+}}}{[\text{e}^-]^2}$$

$$n_{\text{T}} = n_{\text{Pb}^0} + n_{\text{Pb}^{2+}} + n_{\text{Pb}^{4+}}$$

$$= \frac{n_{\text{Pb}^{2+}} \cdot [\text{e}^-]^2}{K_{d1}} + n_{\text{Pb}^{2+}} + \frac{K_{d2} \cdot n_{\text{Pb}^{2+}}}{[\text{e}^-]^2}$$

$$= n_{\text{Pb}^{2+}} \cdot \left(\frac{[\text{e}^-]^2}{K_{d1}} + 1 + \frac{K_{d2}}{[\text{e}^-]^2} \right)$$

$$n_{\text{Pb}^{2+}} = \frac{n_{\text{T}}}{\left(\frac{[\text{e}^-]^2}{K_{d1}} + 1 + \frac{K_{d2}}{[\text{e}^-]^2} \right)}$$

$$\text{Log } n_{\text{Pb}^{2+}} = \text{Log} \left[\frac{n_{\text{T}}}{\left(\frac{[\text{e}^-]^2}{K_{d1}} + 1 + \frac{K_{d2}}{[\text{e}^-]^2} \right)} \right]$$

$$= \text{Log } n_{\text{T}} - \text{Log} \left(\frac{[\text{e}^-]^2}{K_{d1}} + 1 + \frac{K_{d2}}{[\text{e}^-]^2} \right) \quad \text{⚡}$$

• Para $n_{Pb^{4+}}$

$$K_{d2} = \frac{n_{Pb^{4+}} \cdot [e^-]^2}{n_{Pb^{2+}}}$$

$$n_{Pb^{2+}} = \frac{n_{Pb^{4+}} \cdot [e^-]^2}{K_{d2}}$$

$$K_{d1} K_{d2} = \frac{n_{Pb^{4+}} \cdot [e^-]^4}{n_{Pb^0}}$$

$$n_{Pb^0} = \frac{n_{Pb^{4+}} \cdot [e^-]^4}{K_{d1} K_{d2}}$$

$$n_T = n_{Pb^0} + n_{Pb^{2+}} + n_{Pb^{4+}}$$

$$= \frac{n_{Pb^{4+}} \cdot [e^-]^4}{K_{d1} K_{d2}} + \frac{n_{Pb^{4+}} \cdot [e^-]^2}{K_{d2}} + n_{Pb^{4+}}$$

$$= n_{Pb^{4+}} \cdot \left(\frac{[e^-]^4}{K_{d1} K_{d2}} + \frac{[e^-]^2}{K_{d2}} + 1 \right)$$

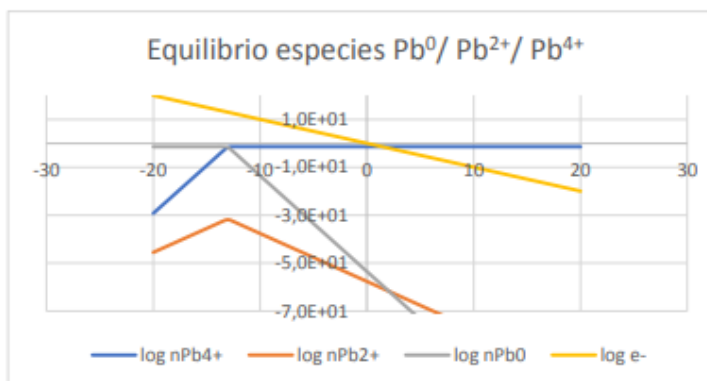
$$n_{Pb^{4+}} = \frac{n_T}{\left(\frac{[e^-]^4}{K_{d1} K_{d2}} + \frac{[e^-]^2}{K_{d2}} + 1 \right)}$$

$$\log n_{Pb^{4+}} = \log \left[\frac{n_T}{\left(\frac{[e^-]^4}{K_{d1} K_{d2}} + \frac{[e^-]^2}{K_{d2}} + 1 \right)} \right]$$

$$= \log n_T - \log \left(\frac{[e^-]^4}{K_{d1} K_{d2}} + \frac{[e^-]^2}{K_{d2}} + 1 \right) \quad \text{⚡}$$

En una hoja de cálculo realice el diagrama logarítmico correspondiente para volumen 0,35 L y concentración 0,12 M, de las especies del Plomo implicadas en las anteriores semirreacciones.

Constante	Valor
pKd ₁	4,2
pKd ₂	-56,3
Kd ₁	6,3E-05
Kd ₂	2,0E+56
Kd ₂ Kd ₁	1,3E+52
[Pb] (M)	0,12
V (L)	0,35
n ₀	0,042



$$\log n_{Pb^0} = \log n_0 - \log \left[1 + \frac{Kd_1}{[e^-]^2} + \frac{Kd_2 Kd_1}{[e^-]^4} \right]$$

$$\log n_{Pb^{2+}} = \log n_0 - \log \left[\frac{[e^-]^2}{Kd_1} + 1 + \frac{Kd_2}{[e^-]^2} \right]$$

$$\log n_{Pb^{4+}} = \log n_0 - \log \left[\frac{[e^-]^4}{Kd_2 Kd_1} + \frac{[e^-]^2}{Kd_2} + 1 \right]$$

SEGUNDO PUNTO

Teniendo en cuenta la concentración planteada en el primer punto (a condiciones estándar) y el contexto planteado en la lectura, argumente si dicha concentración sería tóxica o no en niños y adultos.

Datos: volumen 0,35 L y concentración 0,12 M

$$\frac{0,12 \cancel{\text{mmol}}}{1 \cancel{\text{mL}}} * \frac{1000 \cancel{\text{mL}}}{1 \cancel{\text{L}}} * \frac{0,35 \cancel{\text{L}}}{3,5 \cancel{\text{dL}}} * \frac{207,2 \cancel{\text{g}}}{1000 \cancel{\text{mmol}}} * \frac{1 \times 10^{-6} \mu\text{g}}{1 \cancel{\text{g}}} = 2,4864 \times 10^{-7} \frac{\mu\text{g}}{\text{dL}}$$

Dicha concentración no sería tóxica en niños y adultos puesto que la concentración normal de dicho metal en el cuerpo es de 10 µg/dL para adultos y para los niños, se deben tomar medidas a partir de entre 10-14 µg/dL.