

CARACTERIZACIÓN DE HABILIDADES DE PENSAMIENTO CRÍTICO
MEDIADAS POR LA QUÍMICA EN CONTEXTO EN RELACIÓN CON LA
ADSORCIÓN DE Hg^{2+} SOBRE $\alpha-Fe_2O_3$ -NANO SOPORTADAS EN MATRIZ
BIOPOLIMÉRICA.

GIOVANNI ANDRÉS PÉREZ CORTÉS

CHARLINNE VALERIA PÉREZ NAHAR

UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL
FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA
MAESTRÍA EN DOCENCIA DE LA QUÍMICA
BOGOTÁ D.C, COLOMBIA
2023

CARACTERIZACIÓN DE HABILIDADES DE PENSAMIENTO CRÍTICO
MEDIADAS POR LA QUÍMICA EN CONTEXTO EN RELACIÓN CON LA
ADSORCIÓN DE Hg^{2+} SOBRE $\alpha-Fe_2O_3$ -NANO SOPORTADAS EN MATRIZ
BIOPOLIMÉRICA.

GIOVANNI ANDRÉS PÉREZ CORTÉS

CHARLINNE VALERIA PÉREZ NAHAR

Trabajo de grado como requisito para optar al título de Magíster en Docencia de la
Química

DIRECTOR

DIEGO ALEXANDER BLANCO MARTÍNEZ
MAGISTER EN CIENCIAS-QUÍMICA

UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL
FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA
MAESTRÍA EN DOCENCIA DE LA QUÍMICA
BOGOTÁ D.C, COLOMBIA

2023

CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN	4
2. JUSTIFICACIÓN	6
3. FORMULACIÓN Y DELIMITACIÓN DEL PROBLEMA	8
4. OBJETIVO GENERAL	10
4.1. Objetivos Específicos	10
5. ANTECEDENTES	11
6. MARCO REFERENCIAL	15
6.1. Pensamiento crítico	15
6.2. Habilidades de pensamiento crítico	17
6.3. Química en contexto	20
6.4. ODS. número 6. agua limpia y saneamiento	23
6.5. Nanomateriales y nanopartículas	24
6.6. Síntesis de nanopartículas	26
6.6.1. Síntesis por Co-precipitación	26
6.7. Técnicas de caracterización de nanopartículas	27
6.7.1. DRX (difracción de rayos X)	27
6.7.2. Espectrofotometría UV-vis	28
6.7.2.1. Resonancia de plasmón superficial localizado	28
6.7.3. Espectroscopia Infrarroja por Transformada de Fourier (FTIR)	29
6.8. Modelización de los procesos de adsorción	30
6.8.1. Isotherma de Langmuir	32
6.8.2. Isotherma de Freundlich	32
6.9. Mercurio	33
7. METODOLOGÍA	35
7.1. Tipo de investigación	35
7.2. Muestra objeto de estudio	35
7.3. Fases de la investigación	36
7.3.1. Fase inicial	36
7.3.2. Identificación de los elementos teóricos	36
7.3.3. Estructuración de la secuencia de actividades	37
7.4. Diseño propuesto para la síntesis y caracterización de las propiedades adsorbentes de nanopartículas de hematita funcionalizadas en matriz biopolimérica	38
7.4.1. Instrumentos	39
7.4.2. Reactivos	39
7.4.3. Síntesis de nanopartículas de hematita (NpHT) por el método convencional de	

co-precipitación	39
7.4.4. Funcionalización de NpHT con ácido aspártico	40
7.4.5. Preparación de las perlas de alginato	40
7.4.6. Preparación de perlas nanocompuestos de alginato con NpHTf	40
7.4.7. Efecto del pH	41
7.4.8. Estudios de adsorción de Hg (II)	41
7.5. Fase de desarrollo	41
7.5.1. Diseño y revisión de instrumentos	42
7.5.2. Instrumentos	42
7.5.2.1. Test de ideas previas	42
7.5.2.2. Entrevista - problemática	42
7.5.2.3. Compendio de la secuencia de actividades	43
7.5.2.4. Instrumento final	43
7.6. Criterio de análisis de los instrumentos	43
7.6.1. Análisis de los instrumentos	46
7.7. Implementación de la secuencia de actividades	48
7.8. Fase evaluativa	50
8. ANÁLISIS DE RESULTADOS	50
8.1. Resultados experimentales	50
8.1.1. Análisis de distribución de tamaño según DRX y RPSL	50
8.1.2. Funcionalización de nanopartículas de hematita	53
8.1.3. Capacidad de adsorción de nanopartículas de hematita funcionalizadas	56
8.1.4. Efecto del pH en el proceso de adsorción en nanocompuestos	58
8.2. Resultados de la implementación de la secuencia de actividades	59
8.2.1. Análisis y caracterización del instrumento de ideas previas	59
8.2.2. Análisis y caracterización de la entrevista	64
8.2.3. Análisis Instrumento Final	69
9. CONCLUSIONES	76
BIBLIOGRAFÍA	77

1. INTRODUCCIÓN

La contaminación del medio ambiente se ha convertido en una preocupación importante en los últimos años, y en particular la contaminación por mercurio ha recibido una atención significativa. El mercurio es un metal tóxico que se incorpora al medio ambiente a través de una variedad de actividades antropogénicas, incluidos los procesos industriales y la minería, ocasionando graves implicaciones al medio ambiente y a la salud humana, debido a la alta afinidad que tienen el mercurio con los tejidos como resultado, varios países han implementado políticas y regulaciones para controlar las emisiones de mercurio y mitigar su impacto; aun así el uso del mercurio es fuente de ingreso para alrededor de cien millones de personas en al menos 55 países del mundo (pnuma 2002). Si bien en los últimos años ha disminuido su comercialización y existe un mayor conocimiento relacionado a las problemáticas y daños que produce el mismo, persiste y persistirá un permanente comercio de mercurio lícito e ilícito especialmente en países en desarrollo.

De acuerdo con lo anterior abordar la contaminación por mercurio requiere habilidades de pensamiento crítico para identificar y analizar los diversos factores que contribuyen a la circulación, bioacumulación y biomagnificación de las especies de este elemento en el sistema tierra, desarrollar soluciones efectivas y evaluar su efectividad, si bien todas las personas piensan, reflexionan y actúan frente a un problema, es la calidad de ese pensamiento el que ha permitido la evolución de las civilizaciones, actualmente esa evolución o desarrollo está guiada por la agenda 21, la cual, se define “como un conjunto de políticas y programas relacionados con el concepto del desarrollo sostenible cuyo ámbito de aplicación es la esfera local” (Aguado y Echebarria, 2003: 22), en donde se describen los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) que brindan un modelo para un futuro sostenible y exigen el trabajo en equipo, colaborativo y responsable socialmente de individuos, gobiernos y organizaciones para abordar mediante la educación los desafíos globales, solucionar y mitigar impactos sobre el ambiente por el factor antropogénico.

En ese orden de ideas, estas situaciones necesitan abordarse mediante una educación integral, inter y transdisciplinaria que involucre de manera contextualizada la ciencia, la tecnología y la sociedad, en esa medida la enseñanza de la química en contexto promueve e integra la promoción de las habilidades de interpretación y análisis del pensamiento crítico y puede orientarse en pro de los ODS, particularmente en esta investigación bajo el desarrollo del objetivo de desarrollo sostenible número 6; en palabras de Bernal y Guevara (2021) 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 consecuencia, el trabajo que se presenta a continuación se estructuró en cuatro secciones. En la primera se abarca la justificación, la formulación del problema y los objetivos que orientaron este trabajo, los cuales delimitaron el alcance de la investigación. La segunda

comprende los antecedentes; encontrando que son pocas las investigaciones registradas sobre la caracterización de habilidades del pensamiento crítico mediante procesos de enseñanza-aprendizaje estructurados en técnicas de remoción aplicando nanocompuestos. También, incluye el marco teórico donde se relacionan los referentes teóricos que definen conceptos fundamentales para este trabajo tales como: pensamiento crítico, nanotecnología, química en contexto, habilidad de análisis y habilidad de interpretación. Por otra parte, la tercera sección abarca la metodología, la cual está diseñada bajo un enfoque mixto denominado exploratorio secuencial comparativo que implica el análisis de datos cualitativos y cuantitativos, en esta sección también se da lugar al diseño y aplicación de una serie de actividades cuyo propósito es la caracterización de la habilidad de análisis e interpretación del pensamiento crítico.

Para finalizar la sección cuatro presenta el análisis y sistematización de los resultados obtenidos; aquí se presentan, por un lado, los resultados experimentales de la síntesis, caracterización y capacidad de adsorción de nanopartículas magnéticas soportadas en un biopolímero; además de evidenciar la pertinencia de una secuencia de actividades para la caracterización de habilidades del pensamiento crítico. Finalmente, se presentan las conclusiones y recomendaciones del trabajo.

En este orden de ideas, este trabajo tuvo como objetivo la caracterización de la habilidad de análisis e interpretación del pensamiento crítico mediante la aplicación de una secuencia didáctica de enseñanza-aprendizaje basada en la nanotecnología en un ambiente educativo para reconocer los efectos e implicaciones de las especies del Mercurio en los ecosistemas, informarse de manera crítica sobre los fundamentos del proceso de adsorción sobre nanopartículas de óxido hierro como una posible vía de mitigación de esta problemática en el marco del ODS número 6.

2. JUSTIFICACIÓN

La Universidad Pedagógica Nacional tiene como misión formar profesionales que contribuyan a la solución de problemas sociales, tecnológicos y ambientales en el futuro. (Universidad Pedagógica Nacional, s.f.) Si bien la universidad juega un papel importante en la formación de las ideologías y culturas de sus futuros profesores, es crucial analizar las estrategias de enseñanza que promueve la universidad y proponer nuevas alternativas que tengan como objetivo fomentar el pensamiento crítico, la interpretación, el análisis, la evaluación, la inferencia, la explicación y las habilidades de autorregulación, además de promover actitudes como la protección, el cuidado y la conservación del medio ambiente como respuesta a los desafíos educativos de la agenda mundial 2030.

Por otra parte, se ha calculado que aproximadamente un tercio del mercurio total que se encuentra en el medio ambiente a nivel global se produce de manera natural, los dos tercios sobrantes generados y liberados al ambiente son el resultado de la actividad industrial y otras actividades humanas (Weinberg, 2007). Desde el inicio de la era industrial la concentración de mercurio que circula en la atmósfera, los suelos y cuerpos de agua a nivel global se ha incrementado por un factor entre dos y cuatro, como resultado de esto, los niveles de mercurio en el medio ambiente actualmente son alarmantemente altos, superando el límite de 2 partes de mercurio por mil millones partes de agua potable establecido por la EPA (Díaz, & Malagón, 2018). En concordancia con lo anterior, es pertinente la formulación de trabajo de investigación/intervención que incorpore y promueva ciertas habilidades profesionales de carácter metacognitivo como lo son las habilidades para pensamiento crítico, que permitan articular los marcos teóricos de tecnologías emergentes con las apuestas experimentales de aproximación a objetos de enseñanza, como puede ser particularmente para el caso de la remoción de iones de mercurio sobre nanomateriales

Por lo anterior al incorporar la aplicación de la metodología de química en contexto se pretende proponer una solución didáctica para la enseñanza de temáticas que clásicamente se manifiestan como complejas, como es el caso de la síntesis, caracterización y aplicación de nanopartículas, mediante la articulación del objetivo número 6 de los Objetivos para el Desarrollo Sostenible, el cual busca proteger un recurso tan vital en el planeta tierra como lo es el agua. La metodología de química en contexto en la enseñanza de las ciencias se destaca debido a que transforma el rol del profesor, ocasionando un impacto directo en la motivación, el interés y la actitud del estudiante hacia el aprendizaje de la química, ya que al contextualizar la química con la vida cotidiana de los alumnos hace ver su interés por su futuro en diferentes aspectos como el personal, profesional y social.

La temática de síntesis y aplicaciones de nanomateriales es un componente temático proveniente de una tecnología emergente que ha tomado gran relevancia en las últimas décadas, debido a sus múltiples usos en diferentes campos tecnológicos y científicos como la microbiología, biología molecular, biomedicina, remoción de metales pesados, liberación de fármacos, entre otros Sin embargo, como se mencionó anteriormente es un tema emergente que motiva a la investigación científica y educativa, razón por la cual se plantea

en este trabajo sintetizar un material biopolimérico recubierto de nanopartículas de hematita funcionalizadas con ácido aspártico para la remoción de mercurio en agua.

Por estos motivos la presente investigación es relevante, ya que tiene como objetivo fomentar el desarrollo del pensamiento crítico en una población universitaria, brindando soluciones innovadoras al medio ambiente mediante la contextualización de problemáticas ambientales y afectaciones a la salud ocasionadas por el mercurio, a través de una metodología experimental innovadora contribuyendo al desarrollo ambiental propuesto en la agenda 2030 desde una perspectiva educativa local.

3. FORMULACIÓN Y DELIMITACIÓN DEL PROBLEMA

Durante años se ha advertido sobre las problemáticas ambientales a causa de la intervención humana que afecta tanto la salud de los seres vivos como el bienestar del planeta, De Miguel y Tavares (2015) afirman que, “el estilo de desarrollo de los países de la región se ha basado en una estructura productiva de ventajas comparativas estáticas, derivadas de la abundancia y la explotación de los recursos naturales”, desatando una serie de problemáticas ambientales en las sociedades, es por eso que a lo largo de los años se ha trabajado en el desarrollo sustentable de las naciones; lo que conllevó en el año 2015 a la Organización de las Naciones Unidas (ONU) a aprobar la agenda 2030 la cual presenta “17 Objetivos para transformar el mundo” (ONU, 2015). Los cuales tienen la finalidad de un futuro mejor y más sostenible para todos, proponiendo soluciones a problemáticas como la desigualdad, el cambio climático, la falta de educación, la pobreza, la falta de seguridad alimentaria, entre otras. Planteando a los sistemas educativos enormes retos para su implementación no solo en planes de estudio y libros de texto, sino en los procesos de gestión y en la formación de profesores que puedan aportar a las discusiones para la transformación de las formas de actuar y pensar (UNESCO, 2017).

Por lo anterior el contenido técnico y profesional debería estar en actualización constante para contribuir a las demandas de las sociedades,

Es por eso que la educación superior debe estar encaminada a la formación de los futuros profesionales, dotados de competencias y capacidades que promuevan la habilidad del análisis crítico de los problemas que se les presenten en su quehacer profesional, orientando las estrategias de enseñanza a promover el pensamiento crítico que se concibe como el pensamiento intelectualmente disciplinado de conceptualizar, aplicar, analizar, sintetizar y evaluar la información recabada a partir de la observación, experiencia, reflexión, razonamiento o comunicación (Creamer, 2011).

La falta de análisis crítico en situaciones reales constituye un obstáculo para la apropiación de los conocimientos, tal como lo refiere López (2011), quien argumenta que es relevante asociar a los estudiantes con problemas reales, debido a que la educación superior está siendo encaminada a un cambio sustancial que permite la apropiación de habilidades y competencias que propendan por la implementación de metodologías o estrategias que permitan la inclusión de los contextos reales. Por otro lado, ha surgido en el campo de la didáctica ciertas discrepancias con respecto a la actual articulación en la que coexisten la ciencia y la sociedad, motivo por el cual se ha desarrollado el modelo de enseñanza de química en contexto, como respuesta metodológica en el área de las ciencias exactas, la que busca favorecer los procesos de enseñanza-aprendizaje desde el marco del contexto, entendido desde diferentes perspectivas (Bernal y Guevara, 2021).

Ahora bien, la contaminación del agua es una de las más serias preocupaciones actualmente, debido a que pone en riesgo a los seres vivos que la consumen. Los metales pesados son considerados

uno de los más peligrosos contaminantes en el agua debido a que no se degradan con facilidad y se pueden acumular en los tejidos de los seres vivos, causando graves lesiones como desórdenes cerebrales, anemia, fallas renales y cáncer (Riaz et al., 2020). En particular, el mercurio (Hg) es uno de los metales más tóxicos encontrados en el medio ambiente, especialmente en el agua. La contaminación por mercurio es el resultado de la actividad humana como la incineración de compost, minería, extracción de Hg del cinabrio, la industria del plástico, pinturas, fungicidas, fundición de metales no ferrosos, producción de cemento, industria de tintes, etc. A pesar de las normatividades, leyes y tratados internacionales existe una creciente demanda de mercurio en países donde se realiza la minería del oro artesanal y en pequeña escala en consecuencia a la extracción de oro, que es y seguirá siendo fuente de ingreso de millones de familias que desconocen los peligros ambientales y la salud humana que conlleva esta actividad; este problema generalizado del mercurio pone en riesgo a todos los seres vivos. Por lo tanto, es imperativo abordar esta problemática de inmediato (Subana et al., 2020).

La nanotecnología ha sido de gran interés por la comunidad académica durante las últimas décadas, debido a que ha generado los fundamentos para generar estructuras y materiales de escala atómica o molecular. Los nanomateriales como las nanopartículas de óxido de hierro se muestran como atractivos candidatos para la remoción de metales pesados en aguas, debido a su pequeño tamaño, gran área de superficie y propiedades magnéticas. Por ejemplo, nanopartículas modificadas de Fe_2O_3 muestran una capacidad de adsorción de 136 mg/g con un tiempo de equilibrio de 30 minutos (Chen et al., 2019).

Según el estado del arte, son pocas las investigaciones que han abordado el desarrollo de habilidades del pensamiento crítico en docentes en formación desde la perspectiva de los Objetivos para el Desarrollo Sostenible (ODS) en un contexto específico y actual, como lo es la remoción de mercurio sobre nanopartículas de hematita. En tal sentido, en los procesos formativos de los estudiantes de Licenciatura en Química podrían abordarse los contenidos de manera contextualizada en donde puedan desarrollar habilidades de pensamiento crítico para encontrar soluciones en pro de una vida sostenible.

Con base a los planteamientos mencionados, esta investigación consistió en realizar un estudio con un enfoque investigativo mixto bajo la incorporación de actividades intencionadas y dirigidas al desarrollo del pensamiento crítico de un grupo de profesores en formación inicial desde el enfoque de la química en contexto, de acuerdo a lo anterior, la pregunta problema que orientó el presente trabajo de investigación es:

¿Cómo promover el desarrollo de las habilidades de pensamiento crítico, interpretación y análisis de problemas en un grupo de profesores en formación al abordar cuestiones químicas en contexto relacionadas con la contaminación del agua con mercurio y su remoción con nanopartículas de hematita funcionalizadas en matriz biopolimérica?

4. OBJETIVO GENERAL

Evaluar el desarrollo de las habilidades de pensamiento crítico, interpretación y análisis de problemas de un grupo de profesores en formación al abordar cuestiones químicas en contexto relacionadas con la contaminación del agua con mercurio y su remoción con nanopartículas de hematita en matriz biopolimérica.

4.1. Objetivos Específicos

- Determinar las propiedades adsorbentes de nanopartículas de hematita funcionalizadas para la remoción del ion mercurio (II) desde disoluciones acuosas, como componente conceptual y procedimental que orienta la secuencia de actividades.
- Caracterizar las habilidades de pensamiento crítico, interpretación y análisis de problemas a través de la implementación de una secuencia de actividades fundamentada en la metodología de la química en contexto.

5. ANTECEDENTES

Se realizó una revisión bibliográfica con relación al componente de la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias para la presente investigación, considerando la oportuna exploración de algunos estudios que se fundamentan en el desarrollo de habilidades de pensamiento crítico a partir de la metodología de la química en contexto, tales como el realizado por Tary & Rosana (2019) en su trabajo *Contextual Teaching and Learning to Develop Critical Thinking and Practical Skills*, en la que los investigadores analizan cómo mediante la implementación de situaciones contextuales se puede llegar a promover las habilidades prácticas y el pensamiento crítico de los estudiantes; debido a que mediante situaciones reales de aprendizaje los estudiantes asumen la responsabilidad de su propio aprendizaje, realizan investigaciones, desarrollan su curiosidad, forman comunidades de aprendizaje, presentan modelos, promueven habilidades reflexivas, críticas y discuten no solo de los procesos cognitivos sino también de los procesos prácticos; el objetivo de los investigadores fue investigar cómo CTL (Contextual Teaching and Learning) podría mejorar el pensamiento crítico y las habilidades prácticas de los estudiantes a partir del método de estudio de referencia; los resultados mostraron que la CTL tiene un componente que puede promover el desarrollo del pensamiento crítico y habilidades prácticas debido a que permite a los docentes relacionar la teoría y la práctica, permite que los estudiantes guarden información en la memoria a largo plazo, los estudiantes participan activamente y podrán experimentar experiencias significativas mediante la ciencia que abarca una colección de conocimientos tales como hechos, conceptos, principios, leyes, teorías y modelos desde los cuales se pueden generar procesos de pensamiento científico que son impulsados por la curiosidad de comprender los fenómenos naturales.

El anterior artículo aporta de manera sustancial a este trabajo de investigación debido a que vislumbra que hay un gran camino que recorrer para garantizar marcos de trabajo que faciliten la construcción de estrategias educativas que promuevan el desarrollo de habilidades de pensamiento crítico mediante situación contextualizadas que permitan hacer frente a los desafíos ambientales de la época actual, lo cual demanda la formación de profesores preparados para abordar estos temas de manera intencionada desde una mirada crítica.

Por su parte, Ekamilasari, Permanasari y Dwi (2021) en su trabajo *Student's Critical Thinking Skill and Sustainability Awareness in Science Learning for Implementation Education for Sustainable Development* desarrollado en la Universidad Pakuan en Indonesia, resaltan la importancia de las habilidades de pensamiento crítico como puente para la generación de conciencia ambiental y su respectiva implementación en la Educación para el Desarrollo Sostenible, para el diseño de modelos de enseñanza-aprendizaje. Los autores utilizaron un método descriptivo, en el cual evaluaron las habilidades de pensamiento crítico y conciencia ambiental de 213 estudiantes y seis profesores juniors de educación básica secundaria de la ciudad de Bogor, encontrando que únicamente el 28% de los estudiantes han desarrollado habilidades de pensamiento crítico.

En esta medida, se logró comprobar que las habilidades de pensamiento crítico no son innatas y deben ser instruidas, aplicadas y desarrolladas a través del proceso de aprendizaje enfocadas desde la EDS, de tal manera encontramos en la obra de Ekamilasari, et al., un aporte a la construcción de una implementación pedagógica encaminada al desarrollo sustancial de una propuesta que potencie el uso del pensamiento crítico para la resolución de problemas ambientales.

Por su parte, M.K. Juntunen & M.K. Akselab (2014) en su trabajo *Education for Sustainable Development and chemistry education* donde inicialmente los autores realizan una descripción general de la Educación para el Desarrollo Sostenible y su importancia para abordar los desafíos de sostenibilidad que enfrenta la sociedad, si bien los autores identifican los desafíos y las posibilidades de integrar la EDS en la educación química, incluida la falta de conocimiento y comprensión de los principios de la EDS entre los profesores de química, por tal razón los autores sugieren que la formación docente y el desarrollo profesional pueden ayudar a abordar este desafío y apoyar la integración de la EDS en la educación química.

El artículo también analiza diferentes modelos pedagógicos para integrar la EDS en la educación química, incluidas experiencias de aprendizaje auténticas y aprendizaje basado en la indagación, en el artículo se evidencia estudios de casos de programas en educación química en Finlandia y otros lugares que han integrado con éxito los principios de la EDS en su plan de estudios demostrando el uso de varios métodos de enseñanza, como el aprendizaje basado en proyectos y el aprendizaje basado en problemas, para promover el pensamiento crítico y las habilidades de resolución de problemas en el contexto de la sostenibilidad.

En general, el artículo destaca la importancia de integrar los objetivos de desarrollo sostenible en la educación química para promover el desarrollo sostenible y preparar a las generaciones presentes y futuras para abordar los complejos desafíos de sostenibilidad que enfrenta la sociedad. Los autores sugieren que los profesores de química deberían participar en oportunidades de desarrollo profesional y colaborar con otras partes interesadas para desarrollar e implementar modelos pedagógicos efectivos para integrar la EDS en la educación química.

Por otro lado, Rodríguez, Casas y Martínez (2020), en su trabajo *Laboratorio de química bajo contexto: insumo para el desarrollo de habilidades de pensamiento crítico*. Resaltan la importancia de desarrollar habilidades de pensamiento crítico en la formación universitaria de profesionales afines a la química, esto debido a que durante el desempeño profesional se manifiestan ciertas dificultades al tratar de resolver algunas situaciones propias de su quehacer profesional. En donde, una explicación factible a esta problemática es que, el esfuerzo de los profesores por generar nuevas metodologías de enseñanza, no generan el impacto esperado y además, se identifica que algunos docentes utilizan aun metodologías de enseñanza tradicionales basadas en un proceso memorístico.

Los autores abordan la investigación desde un enfoque de tipo mixto, que incluye la implementación de actividades y estrategias alrededor del eje temático de la química de los alimentos. Trabajando con un grupo de estudiantes de pregrado de la Universidad Pedagógica

Nacional, los cuales realizaron algunos experimentos bajo contextos determinados. Concluyendo así, que los trabajos prácticos de laboratorio contextualizados, articulados con ejercicios de consultas bibliográficas de las temáticas, con el empleo de mini proyectos, estimulan de manera positiva la promoción de las habilidades interpretativas y argumentativas, por lo que este tipo de actividades, deben tenerse presente al momento de diseñar programas de formación de profesores.

El anterior referente, permite reforzar la formulación de este trabajo de investigación en la medida que resalta la importancia del desarrollo de habilidades del pensamiento crítico en la educación superior, mediante metodologías de aprendizaje contextualizadas, haciendo énfasis en las instituciones de formación de profesores, ya que estos son los llamados a estructurar competencias en las escuelas.

A continuación, se describen antecedentes relacionados con investigaciones desarrolladas en campo conceptual y disciplinar, entorno a la síntesis y caracterización de nanopartículas para la remoción de metales pesados, señalando que se hace esta discriminación de antecedentes debido a que no se encontró ningún artículo referido a la temática del presente trabajo por su particularidad.

Subana PS, Manjunatha C, Manmadha Rao B, Venkateswarlu B, Nagaraju G, Suresh R (2020) en su trabajo Surface functionalised magnetic α -Fe₂O₃ nanoparticles: Synthesis, characterisation and Hg²⁺ ion removal water, en la que los investigadores sintetizaron por el método de un paso nanopartículas (NP's) de Fe₂O₃ por combustión usando como combustible glicina. Las NP's de Fe₂O₃ fueron caracterizadas por DRX, SEM, EDX y FTIR. Además, las NP's fueron recubiertas con grupos silica seguido de una funcionalización con Tiol (-SH) al incorporar L-cisteína por una técnica de ultrasonificación. Estas nanopartículas fueron usadas para remover iones mercurio en una solución de concentración de 50 ppm, donde luego de realizar la remoción se extrajeron las nanopartículas con ayuda de un imán, para la cuantificación de iones de mercurio se utilizó una técnica espectrofotométrica UV-vis usando como agente quelante la ditizona, los resultados confirmaron que el 98% de Hg (II) fue removido.

El anterior artículo aporta de manera sustancial a este trabajo de investigación debido a que traza una ruta de trabajo para la caracterización de nanopartículas por diferentes tipos de análisis instrumentales, además de mostrar resultados positivos en la remoción de Hg con ayuda de nanopartículas de hematita.

Olivera, J. (2003) en su Tesis titulada Estudio de la biosorción de cobre (II) por perlas de alginato de calcio, el investigador preparó perlas de alginato preparando alginato de sodio 3% y dejándolo “gotear” en una solución de nitrato de calcio, para luego dejarlas en esta misma solución durante 24 horas, con la finalidad de usar dichas perlas para la adsorción de iones cobre en agua, como resultados de esta investigación, se encontró que el pH óptimo para la remoción de Cu (II) con perlas de alginato de calcio se encuentra en el rango de 4,5 – 5,1, y la capacidad máxima de biosorción es de 80,645 mg/g. La investigación referenciada en este párrafo resulta un importante aporte al trabajo de grado en la medida que muestra que

las perlas de alginato de sodio, preparadas por esferificación tienen la capacidad de absorber cationes metálicos con una moderada capacidad de adsorción

Kim, H. et al (2021) en su artículo científico titulado Synthesis and adsorption properties of gelatin-conjugated hematite (α -Fe₂O₃) nanoparticles for lead removal from wastewater, sintetizan NP's de hematita conjugada con gelatina a través de una fase sólida en presencia de fosfatos, con el fin de investigar la capacidad de adsorción y cinética de las NP's al momento de remover iones de plomo. Con el método obtuvieron nanopartículas de hematita de un diámetro entre 4-6 nm que demostró tener una alta capacidad para adsorber Pb (169,49 mg/g) y un rápido equilibrio cinético de adsorción, propiedades que son atribuidas a la gran cantidad de sitios activos y la alta carga negativa en la superficie de las NP's de hematita. En resumen, el anterior artículo aporta a la construcción del diseño experimental de esta investigación, al permitir estructurar aspectos para la optimización de las técnicas usadas para la síntesis, caracterización y las propiedades adsorbentes de nanopartículas de hematita.

Desde una perspectiva nacional también se han realizado investigaciones que involucran la remoción de mercurio y metales pesados a partir de nanopartículas magnéticas como lo es el caso de la tesis investigativa realizada en la universidad nacional de colombia denominada: Investigación Ingeniería de Nanopartículas Magnéticas para la remoción de metales pesados en aguas. realizada por Wilfredo Bolivar la cual tenía el objetivo de diseñar y sintetizar nanopartículas magnéticas con propiedades ideales para adsorber y eliminar eficientemente estos contaminante para eso se estudiaron parámetros como tamaño, concentración, pH y tiempo de contacto para mejorar la eficiencia permitiendo obtener como resultado que las nanopartículas magnéticas tenían una alta capacidad de adsorción y podían separarse fácilmente con un campo magnético externo para su reutilización. Esta investigación es importante en las medidas que permiten contrastar parámetros de análisis en el diseño de nanopartículas magnéticas para una aplicación práctica y sostenible en la remediación de cuerpos de agua contaminados.

Continuando con los antecedentes sobre la importancia de realizar estudios sobre nanomateriales y su capacidad de adsorción en metales pesados se menciona el trabajo de tesis doctoral de Martínez M. (2017). New polymeric/inorganic hybrid sorbents based on red mud and nanosized magnetite for large scale applications in As(v) removal, en este trabajo se estudió la capacidad de adsorción del barro rojo (Red mud) el cual es un desecho en la industria productora de aluminio, que puede ser usado como adsorbente de As (V). Las propiedades del Red Mud fueron comparadas con nanopartículas de óxidos de hierro (magnetita) sintetizadas en el laboratorio por métodos de co-precipitación. Estos compuestos fueron dispersados en una matriz de quitosano, encontrando que su nivel óptimo de pH es de 7 obteniendo una remoción del 100% de As. Del anterior trabajo de tesis se extrajeron datos de vital importancia en el diseño experimental del trabajo de grado debido a que logran dispersar nanopartículas de magnetita en una matriz de un biopolímero para la remoción de un metal pesado con resultados positivos.

6. MARCO REFERENCIAL

Para la realización del trabajo de investigación se tomaron aspectos teóricos tanto del campo de la enseñanza de las ciencias como disciplinares propios de la química, lo anterior, con el fin de apoyar conceptualmente la elaboración del texto, además de convertirse en pilares fundamentales en la construcción del análisis de la presente investigación.

6.1. Pensamiento crítico

Las habilidades de pensamiento crítico son esenciales para que las personas naveguen por situaciones complejas y dinámicas, particularmente en el contexto de la sostenibilidad y el desarrollo sostenible. Por ello, es importante diseñar intervenciones educativas que fomenten el desarrollo de estas habilidades, sin embargo, el pensamiento crítico presenta múltiples perspectivas que han permitido establecer una amplia base conceptual del mismo.

Una de estas perspectivas es estructurada por Richard Paul un distinguido filósofo y erudito que contribuyó en gran medida al campo del pensamiento crítico; según su perspectiva explica que este implica evaluar y analizar información, cuestionar suposiciones y sesgos, y es necesario para que las personas tomen decisiones informadas y participen de manera efectiva en la sociedad democrática.

Para fomentar el desarrollo del pensamiento crítico en la educación, Paul recomienda un plan de estudios que se concentre en desarrollar habilidades como hacer preguntas, razonar y evaluar evidencia. Insta a los maestros a fomentar el pensamiento independiente y desafiar la sabiduría convencional. Además, subraya la importancia de enseñar a los alumnos a reconocer y examinar diferentes perspectivas y evaluar la evidencia de varias fuentes. (Paul, R. 1984), para este autor la educación debe ayudar a los estudiantes a comunicarse de manera efectiva y entablar diálogos respetuosos y productivos con los demás.

Enfatiza además la importancia del pensamiento controlado, la evaluación imparcial de la información, el razonamiento racional y la reflexión sobre múltiples perspectivas. Al adquirir estas habilidades y actitudes, las personas pueden abordar cuestiones y problemas complejos con un enfoque estructurado y lógico, lo que da como resultado una toma de decisiones sólida y bien fundamentada; pero esta visión sólo puede desarrollarse mediante la transformación de la enseñanza, los métodos tradicionales no son suficientes para promover las habilidades de pensamiento crítico debido a que implica no solo analizar la información, sino también evaluar el propio pensamiento y cuestionar las suposiciones. (Paul, R., & Elder, L. 1994) Para desarrollar estas habilidades, los maestros deben crear un entorno de aprendizaje que promueva el pensamiento independiente y la participación activa.

Adicionalmente para Paul Richard es un proceso de pensamiento controlado que se enfoca en evaluar la información de manera imparcial y tomar decisiones bien informadas basadas en evidencias y razonamiento, en su obra titulada *The Miniature Guide to Critical Thinking Concepts and Tools*; destaca que incluye un conjunto de habilidades y actitudes que permiten a las personas abordar problemas y cuestiones complejos con un enfoque metódico y

racional, estas habilidades y actitudes son la claridad, la exactitud, la precisión, la relevancia, la profundidad, la amplitud, la lógica, la equidad, la humildad intelectual y el coraje intelectual, adicionalmente Paul sostiene que no es un talento natural, sino una habilidad que se puede aprender con práctica y disciplina por lo cual sugiere que las personas pueden mejorar sus habilidades participando en actividades como leer, escribir y resolver problemas. (Paul, R., & Elder, L. 2019).

Otra perspectiva es la planteada por Robert Ennis, el cual define el pensamiento crítico como la capacidad de emitir juicios razonados, lógicos y bien pensados. Según él, implica el uso de una combinación de habilidades, incluido el análisis, la evaluación, la interpretación, la inferencia y la explicación. (Ennis, R, 1962) en contextos sociales, personales, políticos desde edades tempranas y continuar a lo largo de la vida será esencial para el éxito tanto en la vida personal como profesional.

Robert Ennis examina el concepto de disposiciones de pensamiento crítico, su evaluación y las implicaciones potenciales de la evaluación para la instrucción y el entrenamiento, define estas disposiciones como actitudes que predisponen a los individuos a responder de manera crítica a los problemas o desafíos; entre esas disposiciones el identifica varias que son esenciales para la resolución efectiva de problemas, incluida la apertura mental, la sistematicidad, el análisis, la búsqueda de la verdad, la confianza en uno mismo y la curiosidad. Ennis sugiere que la evaluación debe centrarse en el grado en que los individuos poseen estas disposiciones y en qué medida las exhiben en diversos contextos. También explora métodos potenciales para evaluar las disposiciones, como el autoinforme, la observación del comportamiento y las pruebas de razonamiento inferencial. Ennis argumenta que la evaluación puede brindar retroalimentación a individuos y educadores, ayudando a identificar áreas de mejora y apoyando la instrucción y el entrenamiento explícitos en disposiciones (Ennis, 1996).

El pensamiento crítico ha sido definido de distintas maneras a lo largo del tiempo, por autores que han dedicado sus investigaciones a cuestionarse sobre este concepto y la necesidad de implementarlo en los procesos educativos. En su artículo Mackay, R., Franco, D., & Villacis, P. (2018), quienes citan a Sternberg (1985), en donde determina que “son los procesos, estrategias y representaciones mentales que las personas utilizan para resolver problemas, tomar decisiones y aprender nuevos conceptos”. El sujeto al realizar una constante evaluación o generando preguntas acerca de ciertas temáticas académicas y al hacer un buen uso del mismo, podrá obtener respuestas constructivistas desde un punto de vista más analítico, el cual debe incluir razones y argumentos que se presentan al momento de analizar un problema.

De igual manera, en su libro Biosvert, J (2004) cita a Zechmeister y Johnson (1992) quienes determinan “el pensamiento crítico como un proceso en esencia activo, que desencadena la acción”. Según estos autores, al ejercer se está exigiendo una preparación y disposición completa de carácter activo en la dedicación de manera reflexiva al abordaje de problemas y cuestiones que surgen en la vida cotidiana. En este punto se describiría el proceso de pensamiento crítico de la siguiente manera: en primer lugar, la aparición de un problema generador de preguntas, estado de duda o un conjunto de circunstancias que generen un

estado de perplejidad; en segunda instancia, se puede observar una activación de aptitudes y capacidades apropiadas; y por último la resolución del problema.

Un autor relevante en esta investigación fue Peter Facione quien argumenta que el pensamiento crítico es un componente clave del liderazgo efectivo y que los líderes que carecen de este tienen más probabilidades de tomar malas decisiones y fallar en sus roles, este autor lo define como "un juicio reflexivo y con un propósito que se manifiesta en la toma de decisiones razonadas y basadas en la evidencia". Identifica varios elementos claves incluidos el análisis, la interpretación, la evaluación, la inferencia, la explicación y la autorregulación. Él sugiere que los líderes que poseen estas habilidades están mejor equipados para enfrentar desafíos complejos y tomar decisiones informadas. (Facione, 1998). Este autor enfatiza la importancia de incorporar el pensamiento crítico en los programas de capacitación y desarrollo de liderazgo permitirá a los líderes desarrollar sus habilidades a través de actividades como leer, escribir y resolver problemas, así como a través de programas de capacitación formales.

Al igual que Ennis 1996, Facione en colaboración establece disposiciones del pensamiento crítico como formas habituales de pensar, estas disposiciones son un componente crucial y juegan un papel esencial en la forma en que las personas abordan los problemas y toman decisiones. En su artículo *The disposition toward critical thinking*, se vislumbra siete disposiciones: búsqueda de la verdad, mentalidad abierta, pensamiento analítico, pensamiento sistemático, autoconfianza en el razonamiento, curiosidad y madurez de juicio (Facione et al. 1995) estas implicaciones permitirán crear un ambiente propicio para el desarrollo de habilidades, adicionalmente Facione más adelante en su artículo titulado *Pensamiento Crítico: ¿Qué es y por qué es importante?* define el pensamiento crítico como un proceso cognitivo que involucra la conceptualización, el análisis, la síntesis y la evaluación de la información para sacar una conclusión o tomar una decisión, adicionalmente argumenta que el pensamiento crítico no es solo una habilidad, sino una mentalidad que requiere el uso del razonamiento, el cuestionamiento de suposiciones y la evaluación de evidencias destacando la importancia del pensamiento crítico en varios aspectos de la vida, incluida la educación, el lugar de trabajo y la toma de decisiones personales. Según Facione, el pensamiento crítico es esencial para el éxito académico (Facione, 2007). ya que permite a las personas evaluar las fuentes de información, combinar información de múltiples fuentes y presentar argumentos bien fundamentados.

6.2. Habilidades de pensamiento crítico

A continuación, se hace una revisión bibliográfica, con el fin de reconocer las características de las habilidades que constituyen el pensamiento crítico y que se desarrollaron en el presente trabajo de investigación, las cuales son la habilidad de análisis e interpretación del pensamiento crítico:

El informe Delphi dirigido por Facione, reconoce el pensamiento crítico como un "juicio

intencional y autorregulador que resulta en interpretación, análisis, evaluación e inferencia, así como la explicación de las consideraciones probatorias, conceptuales, metodológicas, de criterio o contextuales en las que se basa ese juicio" (Facione, 1990), además, contiene una descripción detallada de las habilidades cognitivas y sub-habilidades del pensamiento crítico, que se presentan en la **Tabla 1**.

Tabla 1. *Declaración de consenso de expertos sobre el pensamiento crítico (informe Delphi, 1990).*

Habilidades del pensamiento crítico		
Habilidades	Descripción	Sub-habilidades
Interpretación	"Para comprender y expresar el sentido o significado de una amplia variedad de experiencias, situaciones, datos, eventos, juicios, convenciones, creencias, reglas, procesos o criterios"	<ul style="list-style-type: none"> ● Categorizar ● Decodificar significados ● Claridad del sentido (dirección)
Análisis	"Para identificar el destino y la relación inferencial actual entre declaraciones, preguntas, conceptos, descripciones, o las otras formas de representación destinadas a expresar creencias, juicios, experiencias, razones, información u opiniones"	<ul style="list-style-type: none"> ● Examinar ideas ● Identificar argumentos ● Identificar razones y reclamaciones
Inferencia	"Para identificar y asegurar los elementos necesarios para sacar conclusiones razonables; formular conjeturas e hipótesis; considerar la información relevante y reducir las consecuencias que se derivan de datos, declaraciones, principios, pruebas, juicios, creencias, opiniones, conceptos, descripciones, preguntas u otras formas de representación"	<ul style="list-style-type: none"> ● Consultar evidencia ● Conjeturas alternativas ● Trazo lógico válido o justificar conclusiones
Evaluación	"Para evaluar la credibilidad de las declaraciones u otras representaciones que son	<ul style="list-style-type: none"> ● Evaluar credibilidad de las reclamaciones

Habilidades del pensamiento crítico		
Habilidades	Descripción	Sub-habilidades
	cuentas o descripciones de la percepción, experiencia, situación, juicio, creencia u opinión; y para evaluar la fuerza lógica de la inferencia real o prevista relaciones entre enunciados, descripciones, preguntas u otras formas de representación"	<ul style="list-style-type: none"> ● Evaluar calidad de los argumentos (estos pueden usar razonamientos de tipo inductivo o deductivo)
Explicación	"Enunciar y justificar ese razonamiento en términos probatorios, conceptuales, consideraciones metodológicas, criteriológicas y contextuales sobre las cuales se basaron los resultados; y presentar el propio razonamiento en forma de argumentos convincentes argumentos"	<ul style="list-style-type: none"> ● Estado de los resultados ● Justificación de los procedimientos ● Presentación de argumentos
Autorregulación	"auto reflexión para monitorear las actividades cognitivas de uno, los elementos usados en esas actividades, y los resultados obtenidos, particularmente mediante la aplicación de habilidades de análisis, y evaluación a los propios juicios inferenciales con miras a cuestionar, confirmar, validar o corregir el razonamiento de uno o los resultados de uno"	<ul style="list-style-type: none"> ● Auto monitoreo ● Auto corrección

Esta declaración de consenso realizada por expertos ayuda a establecer los criterios necesarios para reconocer las ya anteriormente mencionadas habilidades del pensamiento crítico, además de añadir sub-habilidades, lo cual es necesario para la mejor comprensión del "desarrollo" de dichas habilidades en los individuos.

Teniendo en cuenta las habilidades que se evalúan en esta investigación Facione (2011) propone una serie de subcategorías que permiten el análisis de las mismas

La habilidad de interpretación se puede dividir en subcategorías.

- La primera es la categorización, que implica organizar la información en categorías o tablas apropiadas para comprenderla y describirla mejor.
- La segunda subcategoría es la decodificación de significados, que se refiere a identificar y describir los diversos significados expresados en diferentes sistemas de comunicación, como el lenguaje, el comportamiento social, las imágenes, los gráficos y los símbolos. Esto incluye comprender el significado afectivo, las funciones directivas, las intenciones, los motivos, los propósitos, el significado social, los valores, los puntos de vista, las reglas, los procedimientos, los criterios o las relaciones inferenciales expresadas en estos sistemas.

La habilidad de análisis se puede dividir en las siguientes subcategorías

- Examinar ideas: evaluar el papel de diferentes expresiones dentro de un argumento, razonamiento o contexto persuasivo. Esto implica definir términos, comparar o contrastar ideas, identificar temas o problemas y determinar sus partes componentes, así como comprender las relaciones conceptuales entre estas partes y el todo. Además, esta habilidad se puede utilizar para examinar de cerca propuestas relacionadas y determinar sus diferentes puntos de vista.
- Detectar argumentos: dado un conjunto de declaraciones, descripciones, preguntas o representaciones gráficas, esta habilidad implica determinar si el conjunto expresa una razón o razones para apoyar o refutar una declaración, opinión o punto de vista en particular.

Estas habilidades deben desarrollarse en diferentes entornos educativos integrándose a los diferentes planes de estudios en todos los niveles de educación, desde la escuela primaria hasta los programas de posgrado para ayudar a los estudiantes a desarrollar una amplia gama de habilidades como la creatividad, la curiosidad, la humildad intelectual y la apertura mental.

Si bien los autores ya mencionados insisten en crear metodologías o enfoques de enseñanza que propicien el desarrollo de habilidades de pensamiento crítico se consideró pertinente en esta investigación implementar el enfoque educativo de la química en contexto como puente entre el conocimiento teórico y el desarrollo de habilidades de pensamiento crítico.

6.3. Química en contexto

La Metodología de Química en Contexto es un enfoque para la enseñanza de la química que enfatiza la relevancia de la química para los problemas y desafíos del mundo real, se basa en

la filosofía de que la química se aprende mejor cuando se presenta en contexto y que los estudiantes aprenden mejor cuando participan activamente en el proceso de aprendizaje; la contextualización de la ciencia implica relacionar conceptos científicos con la vida cotidiana de los estudiantes con el fin de hacerles ver su interés para futuras vidas y aspectos personal profesional y social (Caamaño, 2018). Es por eso relevante para esta investigación revisar diferentes perspectivas de las características del enfoque educativo de la química en contexto para el desarrollo de las actividades contextualizadas en pro de los objetivos de la investigación.

La química en contexto fue desarrollada en Alemania entre 1999 y 2008 con el apoyo del Ministerio de educación e investigación e implementada en diferentes comunidades de aprendizaje de investigaciones y enseñanza de profesores universitarios con la finalidad de mejorar la enseñanza de la química en el sistema educativo alemán, esto ocurrió debido a que el enfoque tradicional de la enseñanza de la química, que se centraba en conceptos y principios científicos aislados, no preparaba adecuadamente a los estudiantes para los problemas complejos e interconectados que enfrenta la sociedad. Por lo tanto, el programa ChiK se desarrolló para promover un enfoque más holístico e interdisciplinario de la enseñanza de la química, que enfatiza la relevancia de la química en la vida diaria. Para ello era necesario la construcción de unidades didácticas que relacionaran el contexto de los estudiantes con los conceptos teóricos de la química. (Parchmann, 2009).

Después de esto la metodología de la química en contexto fue cobrando validez en su artículo "On the nature of 'context' in chemical education" escrito por John K. Gilbert en 2006 y publicado en la revista internacional de educación en ciencias, en donde se explora el concepto de contexto en la educación química y su papel en la mejora de la comprensión de los estudiantes, debido a que el contexto es un componente esencial de la educación química porque establece un marco para comprender la importancia de la química en nuestras vidas. La definición de contexto incluye el entorno o las circunstancias en las que se presentan y estudian los principios y conceptos químicos, que pueden abarcar una variedad de áreas, como contextos históricos, sociales o tecnológicos (Gilbert, 2006). Con el fin de brindar oportunidades para que los estudiantes participen activamente en el contexto a través de tareas de resolución de problemas y actividades basadas en la indagación.

Más adelante Gilbert K. & colaboradores explora en su artículo Concept development and transfer in context-based science education, el cómo la educación científica basada en el contexto puede facilitar el desarrollo y la transferencia de conceptos mediante un estudio de caso de un programa en los Países Bajos, que se centró en la enseñanza de la física y la química a través del contexto de la sostenibilidad, el programa fue diseñado para promover la comprensión de los estudiantes de los conceptos y principios científicos relacionados con la sostenibilidad. Así como su capacidad para transferir este conocimiento a nuevos contextos y situaciones dando como resultado información valiosa sobre el potencial de la enseñanza de la química a través situaciones contextualizadas, como un enfoque para la educación científica que puede promover la comprensión de los estudiantes de los conceptos y principios científicos, así como su capacidad para transferir este conocimiento a nuevos contextos y situaciones. Las unidades basadas en la química en contexto están fundamentadas

en las características del aprendizaje constructivista centralmente en los siguientes focos de atención (Parchmann et al., 2006)

- Contexto: es considerado un ambiente de aprendizaje en contexto, cuando los estudiantes adquieren conocimientos y competencias a partir de una necesidad o un tema relevante para los estudiantes.
- Desarrollo de conceptos básicos: el desarrollo de conceptos básicos que se puedan aplicar a nuevos contextos y situación, extraer conceptos fundamentales a partir de los contextos particulares.
- Variedad de métodos de aprendizaje: la variedad de métodos de enseñanza de la química tiene en cuenta la existencia de la variedad de intereses de los estudiantes y pueden ser aplicados a diferentes contextos.

Lo anterior permite que las unidades desarrolladas bajo la metodología de química en contexto, promueve la autonomía y permite a los estudiantes seguir sus propias preguntas y utilizar una variedad de actividades como la investigación el trabajo de laboratorio, el trabajo colectivo para lograr solucionar sus propias cuestiones. De acuerdo con Nentwin (2007) una unidad ideal que se diseñe bajo la metodología de la química en contexto debe organizarse en las siguientes fases.

Fase de contacto: es la fase inicial se presenta a los estudiantes un contexto particular, de su vida cotidiana o que presente de alguna manera una conexión con su entorno. Se realizan preguntas sobre el tema para conocer las ideas previas de los estudiantes y poder guiar el desarrollo de las fases posteriores.

Fase de curiosidad y planeación: En esta fase los estudiantes realizan preguntas sobre el contexto y desarrollan estrategias para solucionarlas, también se plantea la hipótesis y estrategias metodológicas para dar respuesta a los interrogantes.

Fase de elaboración: Para esta fase los estudiantes tienen mayor autonomía y conducen su investigación para responder a las preguntas, el docente orienta y guía este proceso.

Fase de profundización y conexión: en esta fase se puede enfocar en intereses o preguntas nuevas o por otro lado discutir los hallazgos que dan respuesta a las preguntas y planeación de las fases anteriores y analizar los conocimientos adquiridos en relación a la fase de contacto.

Los estudiantes a menudo se preguntan sobre el fin de los contenidos de los planes curriculares, lo que lleva a cuestionar esa brecha entre lo que se enseña y el contexto de los individuos. Caamaño (2006) plantea la necesidad de abarcar unos contenidos científicos de forma contextualizada, de tal forma que el estudiante aterrice los conocimientos científicos a su contexto, así el podrá de manera consciente comprender la utilidad y aplicabilidad de los contenidos científicos y su incidencia tecnológica, cultural y social.

Al involucrar un contexto en la enseñanza de los contenidos se le presenta a un estudiante una serie de situaciones, vivencias y experiencias que son cercanas a él, permitiéndole involucrar los contenidos a situaciones reales, de ahí la importancia de contextualizar la química, para Caamaño (2006) contextualizar la ciencia se entiende como esa relación entre la vida cotidiana de los estudiantes y los contenidos científicos con el fin de hacer ver su interés para sus futuras vidas en los aspectos personal, profesional y social. En el caso particular de la química en contexto, los contenidos científicos particulares de la química son abordados a partir de vivencias, experiencias y contextos que les permiten acercarse a la utilidad y aplicabilidad de la química en su diario vivir.

En esta investigación se incorpora la química en contexto a través de situaciones contextualizadas que permitan al estudiante acercarse y re pensarse el objetivo de desarrollo sostenible número 6, propuesto en la agenda 2030 a partir de la problemática ambiental de la contaminación de mercurio y su remoción mediante una metodología innovadora del campo de la nanotecnología, por consiguiente se describen algunos elementos conceptuales asociados al tema.

6.4. ODS. número 6. agua limpia y saneamiento

Desde los inicios del Universo el planeta ha estado en la evolución y transformación constante desarrollándose en un ambiente de equilibrio, la aparición del hombre trajo como consecuencia el desarrollo tecnológico y científico afectando de cierta manera ese ambiente en equilibrio. Estas consecuencias empezaron a proyectarse públicamente y de manera relevante con los tres primeros reportes del club de Roma, los límites del crecimiento, elaborado por un equipo de expertos dirigido por Dennis L. Meadows, del Instituto de Tecnología de Massachussets (E.U.A.), citado en marzo de 1972; la Humanidad ante la encrucijada, elaborado por Mihajlo D. Mesarovic y Eduard Pestel 1974; Reestructuración del orden internacional y se presenta en Argelia a finales de 1976. (Arruga Valeri, E. 1979), en donde se exponen las proyecciones de las consecuencias del avance progresivo que es superior a los límites de la naturaleza, como los desastres naturales, la hambruna, segregación, explosión demográfica, la escasez de los recursos... y con ello la aparición de la marginalidad, la prostitución, enfermedades, insuficiencia de servicios médicos, educativos, culturales y otros (King y Schneider 1991. pág. pp.1-2) elementos que fueron claves para sensibilizar y poner en alerta a una gran parte del mundo invitándolos a desarrollar alternativas para combatir contra estas proyecciones.

En vista de la pérdida de vigencia de los ODM (Objetivos de Desarrollo del Milenio) la UNESCO convoca a una asamblea general en 2015, en donde se adopta la Agenda 2030; bajo el lema "Es hora de la acción mundial, por las personas y el planeta", el plan de acción tiene como intenciones favorecer las personas, el planeta, la prosperidad, la paz universal y el acceso a la justicia. (ONU, 2015)

La Agenda contiene 17 Objetivos y 169 metas en las esferas económica, ambiental y social, estos objetivos son conocidos como los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) (Imagen 1), estos objetivos han sido adoptados por los líderes mundiales para erradicar la pobreza, proteger el planeta y asegurar la prosperidad para todos.



Figura 1. *Objetivos de desarrollo sostenible. Fuente:*

<https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/2015/09/la-asamblea-general-adopta-la-agenda-2030-para-el-desarrollo-sostenible/>

Los 17 objetivos de desarrollo sostenible presentan metas específicas que deben alcanzarse en los próximos 15 años (ONU, 2015). En esta investigación se trabajó el objetivo de desarrollo número 6: agua limpia y saneamiento que tiene como objetivo garantizar la disponibilidad de agua y su gestión sostenible y el saneamiento para todos. Debido a la importancia vital del saneamiento, la higiene y un acceso adecuado a agua limpia para prevenir y contener las enfermedades

6.5. Nanomateriales y nanopartículas

Los nanomateriales son materiales constituidos por partículas o compuestos que se encuentran en la nanoescala. Técnicamente hablando, un material policristalino granular que posea un diámetro menor a un micrón, puede ser considerado un nanomaterial. Sin embargo, se ha llegado al acuerdo que para que un nanomaterial pueda ser llamado de tal manera al menos una de sus dimensiones debe encontrarse en el rango de 1 nanómetro a 100 nanómetros, todos los nanomateriales con todas sus dimensiones en este rango se llaman nanopartículas. Las nanopartículas más pequeñas pueden llegar a ser tan grandes como una molécula.

Los nanomateriales pueden ser clasificados de acuerdo a sus dimensiones, tamaño, morfología, composición, uniformidad, y estado de aglomeración, entre otros tal como se describe en la **figura 2**.

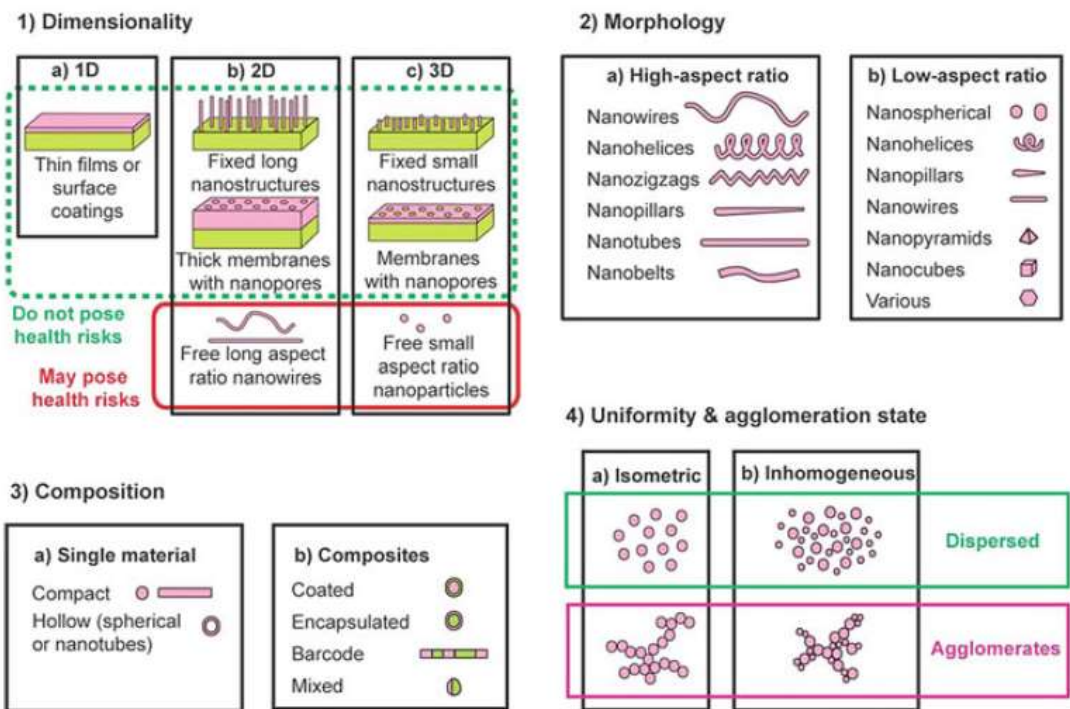


Figura 2. Clasificación de los nanomateriales. Tomado de: Sepúlveda, Erto, Duarte y Meili, (2021).

Las nanopartículas más pequeñas son llamadas **clusters**, que son formadas por cientos o miles de átomos. El tamaño de los clusters puede ir desde varios nanómetros, el tamaño de una molécula y el de una nanopartícula. Interesantemente, estas pequeñas nanopartículas o clusters son especiales en el sentido que exhiben propiedades distintas al mismo material que no se encuentra en el rango nano, estado que se conoce como **bulk**. En la **tabla 2** se puede observar el tamaño en que cambian las diferentes propiedades al comparar un material a escala nano y su respectivo bulk.

Tabla 2. Comparación de las propiedades fisicoquímicas y mecánicas de rango nano a su bulk del mismo material. Tomado de: Sepúlveda P. et al., (2021).

Propiedad fisicoquímica o mecánica	Tamaño máximo de nanopartícula
Actividad catalítica	<3 nm
Magnetismo adquirido de materiales no magnéticos en su forma bulk (Au, Pt, Pd)	<3-5 nm
Fluorescencia de puntos cuánticos	<8 nm
Decrecimiento del punto de fusión	<10 nm

Propiedad fisicoquímica o mecánica	Tamaño máximo de nanopartícula
comparado	
Cambio de ferromagnetismo a superparamagnetismo	<100 nm
Modificación de la dureza	<100 nm
Propiedades ópticas	<100 nm
Cruzar membranas celulares	< 500 nm

Lo que hace que las nanopartículas sean diferentes de sus contrapartes de mayor tamaño (bulk) es la existencia de efectos de tamaño cuántico y un área de superficie aumentada para el mismo volumen de material en forma de nanopartículas en comparación de micropartículas o incluso su forma bulk.

6.6. Síntesis de nanopartículas

La síntesis de nanopartículas se puede clasificar en dos métodos: de arriba hacia abajo (Bottom-down) por la subdivisión del material utilizando métodos físicos y de abajo hacia arriba (Bottom-up) mediante métodos químicos propiciando el crecimiento de nanopartículas a partir de sus precursores químicos. En el método Bottom-down se emplea generalmente la molienda mecánica, pulverizado y evaporación por descarga de arco de metales, estas técnicas generan nanopartículas grandes y con un tamaño de dispersión mayor. Por el contrario, las nanopartículas sintetizadas por métodos químicos poseen un menor tamaño y la dispersión de tamaño es más estrecha.

Los métodos químicos son elegidos debido a su bajo costo de producción, su tamaño de nanopartícula y su grado de homogeneidad. A continuación, se describe un método de síntesis ampliamente utilizado para la preparación de nanomateriales para diversas aplicaciones.

6.6.1. Síntesis por Co-precipitación

Este método se basa en la precipitación de un núcleo constituido por unos cuantos átomos metálicos y su posterior crecimiento. Generalmente el procedimiento se realiza partiendo de una solución de sales que posee el metal a utilizar, el cual en presencia de otra solución específica a un pH adecuado, dichas sales se descomponen liberando los iones metálicos, en donde estos iones tienden a aglomerarse formando partículas en escala nano.

Chamé (2013) indica que existen cuatro tipos de co-precipitación: Adsorción en la superficie, formación de cristales, oclusión, y atrapamiento mecánico. En donde los dos primeros son

procesos en equilibrio y por otro lado los dos últimos respectivamente están controlados por la cinética de crecimiento de cristales.

Adsorción superficial: Proceso por el cual los iones quedan atrapados en los poros superficiales del material.

Formación de cristales: Proceso en el que se forman espacios vacíos dentro de la red cristalina, las cuales serán ocupadas por iones metálicos.

Oclusión: Es la incorporación de impurezas que quedan atrapadas en el centro de la red cristalina, en la etapa de crecimiento.

Atrapamiento mecánico: Proceso por el cual se incorporan impurezas en la red cristalina en la etapa de nucleación.

6.7. Técnicas de caracterización de nanopartículas

6.7.1. DRX (difracción de rayos X)

Según Trujillo (2013), la cristalografía cuando se habla de un cristal perfecto, se refiere a un arreglo periódico de una forma básica denominada *celda unitaria*, la cual se replica infinitamente en todas direcciones de manera infinita. No obstante, un cristal real está alejado a ser un cristal perfecto debido a su tamaño limitado y a los defectos o impurezas que pueden surgir en el momento de su formación, ya sea esta de manera natural o en un laboratorio, en algunos casos excepcionales se logra producir los llamados monocristales los cuales tienen una mínima cantidad de defectos. En este sentido, encontramos una correlación con lo planteado por Trujillo (2013) al afirmar que los datos obtenidos de aquellos desvíos del cristal perfecto están contenidos en los picos de difracción. Con una buena interpretación de dichos picos de difracción se puede obtener información de la estructura cristalina del material, número de fases, tamaño de cristal, etc.

Con la ayuda de la **ecuación de Scherrer (ecuación 1.)** y el ancho de la línea de los picos, podemos discernir el tamaño medio de los cristales del material analizado. Este análisis es únicamente válido si el tamaño de los cristales es inferior a 200 nm.

$$d = \frac{K\lambda}{\beta \cos\theta}$$

Ecuación 1. *Ecuación de Scherrer*

En donde;

K = Constante de Scherrer, valor arbitrario entre 0,87-1,0.

λ = Longitud de onda característica de la radiación X.
 β = Ancho de la línea del pico localizado en 2Θ (valor en radianes).

6.7.2. Espectrofotometría UV-vis

La técnica de espectroscopia de absorción que involucra la absorción de radiación lumínica ultravioleta y visible por parte de una especie molecular o iónica promoviendo el paso de un electrón desde un orbital molecular fundamental a un orbital excitado. Se producen entonces transiciones de electrones desde niveles energéticos bajos a niveles más altos. Transiciones entre un orbital enlazante a un par de electrones libres y otro orbital incompleto anti-enlazante.

La radiación electromagnética –la cual es de sumo interés en química–, varía desde la altamente energética como los rayos gamma, a la de muy baja energía, tales como las ondas de radio, de manera que la longitud de onda del movimiento ondulatorio por el cual es transmitida la energía radiante varía en un intervalo extremadamente amplio, tal cual como lo sostiene Clavijo (2002) al apuntar que el rango completo de la radiación es comúnmente referido como el espectro electromagnético. En la **Figura 3** se muestra una representación del espectro electromagnético.

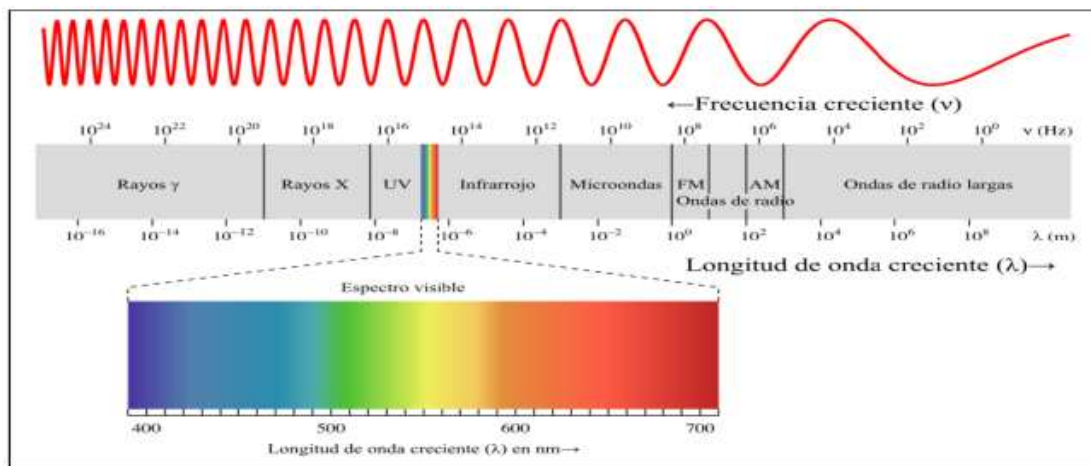


Figura 3. Espectro electromagnético. Tomado de: <http://www.gaiaciencia.com/2016/11/gleamoscope-la-via-lactea-como-nunca-la-has-visto-antes/>

6.7.2.1. Resonancia de plasmón superficial localizado

“Los plasmones superficiales son producidos por el acoplamiento de los electrones libres de un metal con un campo eléctrico externo” (Rojas, 2020, p.17). Los electrones mencionados oscilan conjuntamente en respuesta al campo eléctrico siempre y cuando este cumpla con ciertas condiciones adecuadas de frecuencia y número de onda. Estas oscilaciones son generadas al excitar una nanoestructura aislada produciendo ondas no propagantes denominadas plasmones Superficial Localizado (PSL).

Al generarse esta excitación mediante una onda de luz específica, generada por un monocromador estamos hablando de un estímulo óptico en este caso. Donde los electrones libres del compuesto metálico se acoplarán con el haz de luz que incide sobre la nanoestructura, generando un acoplamiento fotón-plasmón. La nanopartícula al estar confinada en un espacio propio produce una fuerza que restaura todos los electrones libres del material, produciendo así una resonancia entre los mismos y generando un PSL. Rojas (2020, p. 18) sostiene que, esta resonancia se entiende como la respuesta mejorada del sistema frente a la excitación externa a una frecuencia en particular.

Si se asume que el tamaño de la nanopartícula es mucho menor a la longitud de onda de luz que la incide, como se observa en la **Figura 4** y que su campo eléctrico es uniforme, todos los puntos en la nanopartícula contestaran de manera simultánea al campo eléctrico produciendo una densidad de polarización constante dentro de sí misma.

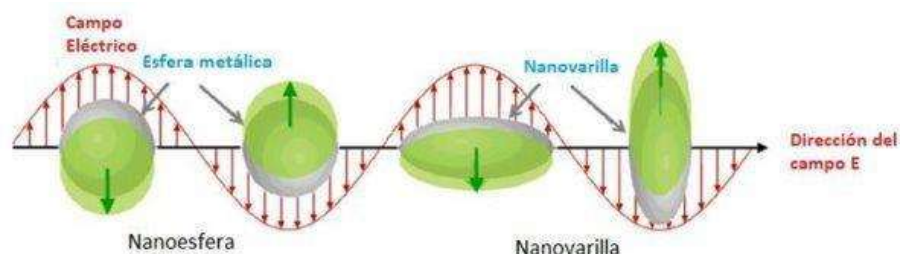


Figura 4.. *Efecto de Resonancia del Plasmón Localizado de Superficie. Tomado de: Fraga, Rodríguez, Cruz, García, Segura y Martínez, 2021.*

6.7.3. Espectroscopia Infrarroja por Transformada de Fourier (FTIR)

La fracción del espectro electromagnético conocida como infrarroja (IR) se divide en tres porciones; infrarrojo cercano, aproximadamente $14000-4000\text{ cm}^{-1}$ ($0.8-2.5\ \mu\text{m}$) cuya radiación puede excitar sobretonos o vibraciones armónicas. El infrarrojo medio, entre $4000-400\text{ cm}^{-1}$ ($2.5-25\ \mu\text{m}$) el cual puede ser utilizado para analizar las vibraciones fundamentales y la estructura de rotación-vibración de la materia. y por último, se encuentra el infrarrojo lejano, de aproximadamente $400-10\text{ cm}^{-1}$ ($25-1000\ \mu\text{m}$), contigua a la región de las microondas.

En el caso de la absorción de IR, es posible ilustrar la formación de espectros en función de las vibraciones de la molécula. Al observar una molécula diatómica se revela que a cierta distancia internuclear existe un balance entre fuerzas atractivas y las interacciones repulsivas que se ubican entre los electrones internos de los átomos. Entonces, al suministrar energía a un compuesto se puede modificar esta distancia, en el sentido que se puede pensar en la molécula como dos masas unidas a un resorte (enlace químico), en donde las masas vibran a unas frecuencias características que dependen de ellas y la fortaleza del “resorte”.

Para lograr interpretar dichas vibraciones entre los enlaces moleculares, existe el

espectrofotómetro infrarrojo por la transformada de Fourier que consta de tres elementos básicos: fuente luminosa, interferómetro de Michelson y un detector. Su funcionamiento paso a paso es:

- haz de luz infrarroja (fuente).
- divisor de haz.
- Primer haz incide sobre un espejo estático.
- Segundo haz incide sobre un espejo móvil.
- Se recombinan los haces.
- Se produce una interferencia (destruktiva o constructiva).
- Haz resultante pasa sobre la muestra.
- llega al detector.

En la **figura 5** se muestra una representación simplificada del funcionamiento de un espectroscopio infrarrojo por transformada de Fourier.

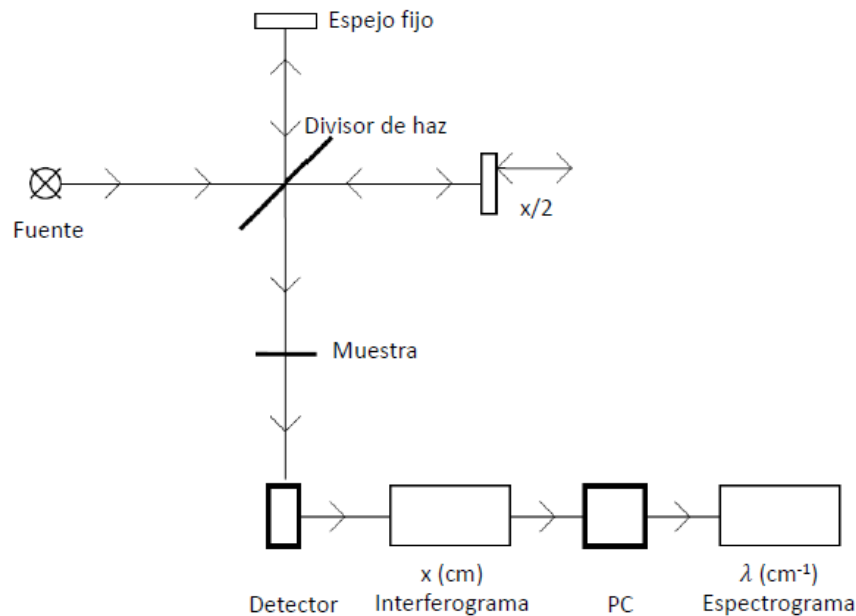


Figura 5. Diagrama simplificado de un FTIR. Tomando de: Trujillo, 2013.

6.8. Modelización de los procesos de adsorción

Para realizar un diseño y optimización de un proceso de adsorción se debe comprender el fenómeno y los parámetros operacionales de este, en especial si se va a realizar la fijación sobre una superficie de contaminantes en aguas. Martínez (2016) afirma que, en el caso concreto de los procesos de adsorción, variables como el pH, presencia de otros contaminantes y/o la temperatura del medio, son determinantes para su desarrollo y para entender su mecanismo.

En general, la acción de los tratamientos de adsorción depende de aspectos termodinámicos del soluto-disolvente-adsorbato y sus procesos de difusión que involucran al adsorbente. El equilibrio de distribución entre el soluto y las dos fases, definen los límites de aplicabilidad del material adsorbente en particular, mientras que los fenómenos cinéticos permiten definir la eficacia real. De acuerdo al tipo de fase en que se encuentre el adsorbato y el adsorbente la adsorción puede ser gas-sólido, gas-líquido, líquido-sólido y líquido-líquido.

Uno de los objetivos de este proceso es el determinar la capacidad de adsorción del material estudiado (adsorbente), el cual se calcula partiendo de un balance de materia que muestra la cantidad de especie adsorbida por unidad de masa del adsorbente. Dicha capacidad de adsorción está relacionada con los siguientes factores:

- Características físicas de adsorbente: Área específica de superficie, volumen de poro total, estructura, tamaño y distribución de poros, etc.
- Características químicas de adsorbente: Presencia de grupos funcionales en la superficie, pH, punto isoeléctrico, etc.
- Características químicas del contaminante: Naturaleza, concentración, solubilidad, peso molecular, etc.
- Características de la matriz: Temperatura, pH, conductividad, presencia de materia orgánica, presencia de microcontaminantes, etc.

La capacidad de adsorción (q) (**ecuación 2**) está expresada como masa o moles de adsorbato por masa de adsorbente (mol/g o mg/g) y puede ser calculado usando el balance de materia del contaminante adsorbido, se puede representar matemáticamente de la siguiente manera:

$$q = \frac{(C_0 - C_{eq})}{m} * V$$

Ecuación 2. *Capacidad de adsorción.*

Donde C_0 es la concentración inicial del adsorbato (mg/L); C_{eq} es la concentración final (equilibrio) del adsorbato (mg/L); m es la masa del adsorbente (g); y V es volumen tomado del adsorbato (L).

Como lo menciona Martínez (2013), la mayoría de los modelos matemáticos que son utilizados para estudiar el equilibrio de adsorción se basan en adsorbentes en fase sólida, en donde la adsorción se presenta por interacción del adsorbato con la superficie del material adsorbente, específicamente en sus poros o por interacciones químicas. Sin embargo, los datos recolectados haciendo uso de estos modelos sirven en gran medida para comprender e interpretar los resultados experimentales, por lo cual son ampliamente utilizados. Entre los modelos matemáticos más usados se puede encontrar el de Langmuir y Freundlich.

6.8.1. Isoterma de Langmuir

Este modelo asume que la superficie del adsorbente es homogénea, todos los sitios activos presentes en el adsorbente poseen una energía similar o afinidad por el analito analizado, por lo tanto, la adsorción ocurre sin ninguna interacción entre los analitos adsorbidos. Además, se considera la formación de monocapas y una adsorción reversible. La expresión matemática de la isoterma de Langmuir se puede representar con la **ecuación 3**:

$$q_e = q_{max} \frac{K_L C_e}{1 + K_L C_e}$$

Ecuación 3. *Isoterma de Langmuir.*

Ecuación que también se puede linealizar como (**Ecuación 4**):

$$\frac{C_e}{q_e} = \frac{1}{q_{max} K_L} + \frac{C_e}{q_{max}}$$

Ecuación 4. *Linealización isoterma de Langmuir.*

Donde C_e es la concentración del adsorbato en equilibrio (mg/L), q_e es la masa del analito adsorbido por unidad del adsorbente en equilibrio (capacidad de adsorción) (mg/g), q_{max} es la capacidad máxima de adsorción (mg/g), y K_L es la constante de Langmuir, que está relacionada con la afinidad entre el adsorbato y los sitios de adsorción (L/mg).

Además, para evaluar la favorabilidad de un proceso de adsorción, se puede calcular el factor de separación (R_L), haciendo uso de la **ecuación 5**:

$$R_L = \frac{1}{(1 + bC_e)}$$

Ecuación 5. *Factor de separación.*

Tal como lo sostienen Sepúlveda P. et al. (2021), dependiendo del valor de R_L , es posible determinar la factibilidad con la que se lleva a cabo la adsorción. Si $R_L > 1$, el proceso no es favorable; $R_L = 0$, la adsorción es irreversible; y si $0 < R_L < 1$, el proceso de adsorción es favorable.

6.8.2. Isoterma de Freundlich

Este modelo es utilizado cuando los sitios de adsorción son heterogéneos y existe además una distribución energética entre ellos; usualmente, un mayor nivel de energía resulta en una menor cantidad de sitios activos que pueden ser asociados a cada nivel. De hecho, la isoterma de Freundlich es aplicada cuando el adsorbente es considerado heterogéneo y es expresada en la **ecuación 6**:

$$q_e = K_f C_e^{\frac{1}{n}}$$

Ecuación 6. Isoterma de Freundlich.

Ecuación que puede ser linealizada como (**Ecuación 7**):

$$\text{Log}(q_e) = \text{Log}(K_f) + \frac{1}{n} \text{Log}(C_e)$$

Ecuación 7. Linealización isoterma de Freundlich.

Donde q_e es la capacidad de adsorción en el equilibrio (mg/g), K_f es la constante de Freundlich y corresponde a la capacidad máxima de adsorción, aproximadamente, C_e corresponde a la concentración del adsorbato en el equilibrio (mg/L), y n es una constante de Freundlich relacionada a la energía vinculante. Además, cuando $n > 1$ o $\frac{1}{n} < 1$ las condiciones para la adsorción son favorables.

6.9. Mercurio

El mercurio es un elemento que se encuentra en el ambiente de manera natural cuyo símbolo químico es Hg, abreviatura que viene del griego hydrargyrum, que significa plata líquida. En su forma pura, este metal presenta una apariencia plateada, además de estar en fase líquida a presión y temperatura estándar.

El mercurio elemental para el uso humano se puede producir a partir de un mineral llamado cinabrio que contiene altas concentraciones de sulfuro de mercurio. El mercurio también puede liberarse al ambiente como un subproducto de la extracción y refinación de metales como el cobre, el oro, el plomo y el cinc. Como lo menciona Weinberg (2007), Se estima que un tercio de mercurio que circula en el ambiente a nivel global se produce en forma natural, y alrededor de dos tercios de este, fueron liberados al ambiente como el resultado de las actividades antropogénicas a nivel industrial. La cantidad de mercurio que se encuentra liberado en la atmósfera, suelos y cuerpos de agua se ha duplicado o en algunos casos cuadruplicado desde el inicio de la era industrial.

Tabla 3. *Propiedades del mercurio. Adaptada de: Weinberg, 2007.*

ALGUNAS PROPIEDADES DEL MERCURIO	
Propiedad	Valor
Peso atómico	200,59
Número atómico	80
Punto de fusión	-38,87 °C

Punto de ebullición	356,58 °C
Solubilidad en agua	20-30 ppb
Densidad	133,53 g/mL

7. METODOLOGÍA

La presente investigación se desarrolló en el marco del grupo Didáctica y sus Ciencias, en la línea de investigación de Interdisciplinariedad y química en Contexto: Una perspectiva experimental en la didáctica de la química del Departamento de Química de la Universidad Pedagógica Nacional, en forma tal que se propuso abordar problemas didácticos de carácter científico, técnico y ambiental reorientando las prácticas pedagógicas bajo un enfoque de la química en contexto para el desarrollo de las habilidades del pensamiento crítico interpretación y análisis de problemas, incorporando uno de los Objetivos para el Desarrollo Sostenible (ODS).

7.1. Tipo de investigación

Teniendo en cuenta la revisión de antecedentes que involucran el desarrollo de las habilidades del pensamiento crítico, interpretación y análisis de problemas contextualizados desde la química, esta investigación se desarrolló bajo un enfoque mixto de diseño exploratorio secuencial comparativo que implica una fase inicial de recolección y análisis de datos cualitativos seguida de otra donde se recaban y analizan datos cuantitativos.

Según lo afirman Hernández, Fernández y Baptista (2012, p. 532) la meta de la investigación mixta no es reemplazar a la investigación cuantitativa ni a la investigación cualitativa, sino utilizar las fortalezas de ambos tipos de indagación, combinándolas y tratando de minimizar sus debilidades potenciales.

7.2. Muestra objeto de estudio

La muestra intervenida corresponde a estudiantes de diferentes semestres tanto del programa de la Licenciatura en Química como del programa de Maestría en Docencia de la Química de la Universidad Pedagógica Nacional, quienes voluntariamente participaron en el curso de “SÍNTESIS, CARACTERIZACIÓN Y APLICACIONES DE NANOCOMPUESTOS” con edades comprendidas entre los 18-58 años.

Los estudiantes que tomaron el curso corresponden a 13 estudiantes entre hombres y mujeres quienes participaron en la aplicación de este trabajo de grado durante una semana con una intensidad horaria de 4 horas diarias, cabe resaltar que esta la muestra intervenida no se realizó por muestreo sino por oportunidad de aprender.

7.3. Fases de la investigación

La investigación se realizó en tres fases como se puede observar en la **Figura 5** que dan cuenta de la fundamentación teórica, el desarrollo experimental, la aplicación de la secuencia de actividades y las conclusiones de la investigación desde la metodología de la química en contexto para el desarrollo de habilidades de pensamiento crítico.



Figura 6. *Etapas para la estructura de la investigación fuente: autor.*

7.3.1. Fase inicial

Consistió en la revisión y recopilación de elementos teóricos y metodológicos en los que se fundamenta la secuencia de actividades y la estructuración del diseño experimental como se describe a continuación.

7.3.2. Identificación de los elementos teóricos

Esta fase comprendió una revisión bibliográfica de trabajos de investigación desarrollados en torno a diseños curriculares, análisis bibliométrico, estudios de casos o secuencias de enseñanza-aprendizaje orientadas a la comprensión de aspectos teóricos y didácticos sobre las habilidades de pensamiento crítico, la química en contexto y los objetivos del desarrollo

sostenible específicamente el objetivo número 6: agua limpia y saneamiento, así mismo sobre los aspectos teóricos sobre la síntesis y caracterización de las propiedades absorbentes de nanopartículas dispersas en una matriz biopolimérica para la remoción de mercurio (II), lo anterior permitió estructurar, delimitar el problema y fijar los objetivos de la presente investigación.

7.3.3. Estructuración de la secuencia de actividades

A partir de la revisión bibliográfica del estado actual de los elementos conceptuales disciplinares y didácticos que promueven el pensamiento crítico se puede indicar que el pensamiento crítico se puede desarrollar en el marco de un contexto, no podemos apartar o excluir de la áreas del conocimiento es por eso que el desarrollo del pensamiento crítico debe cumplir tres criterios: desarrollarse dentro de cada área del saber (Brown, 1997), partir de un contexto, que permitan el acercamiento a la realidad (Zoller et al., 2000) y ponerse en práctica y en situaciones de contexto real (Puig y Ageitos, 2021).

Teniendo en cuenta los criterios anteriores y con el fin de caracterizar las habilidades de pensamiento crítico análisis e interpretación de problemas, la secuencia de actividades se diseñó y estructuró como se describe en la **tabla 4** a continuación: }

Tabla 4. Estructuración de la secuencia de actividades.

ETAPA	NÚCLEO	OBJETIVO	ACTIVIDAD
Etapa de contacto	Núcleo 1. Nanotecnología y Mercurio	Reconocer ideas previas	Test ideas previas
	Núcleo 2. Síntesis de nanopartículas	Contextualizar la problemática ambiental	Ayuda multimedia, "El caso Minamata."
	Núcleo 3. técnicas de caracterización	Abordar conceptos estructurales	Intervención educativa "introducción a la nanotecnología".
Etapa de curiosidad y planeación	Núcleo 4. Adsorción de mercurio	Proponer espacios de discusión	Intervención educativa "nanomateriales y nanoelementos".

	Núcleo 5. Reflexiones de la nanotecnología		Practica de laboratorio "síntesis de Np de hematita y preparación de nanocompuestos en matriz biopolimérica".
Etapa de elaboración	Núcleo 6. Nanotecnología y Mercurio	Fomentar el aprendizaje	Técnicas de caracterización de nanopartículas con ayuda de software.
			Intervención educativa "Capacidad de adsorción"
Etapa de profundización y conexión		Discutir los hallazgos	Practica de laboratorio "remoción de Hg (II) con nanocompuestos de hematita en matriz biopolimerica"
			Actividad evaluativa final
			Retroalimentación

7.4. Diseño propuesto para la síntesis y caracterización de las propiedades adsorbentes de nanopartículas de hematita funcionalizadas en matriz biopolimerica

En este momento del trabajo de grado, se presenta el modelo desarrollado por los investigadores, el cual permitió la síntesis de nanopartículas de hematita funcionalizadas con ácido aspártico. Además, de caracterizar las propiedades adsorbentes de estas nanopartículas en un matriz biopolimérica en la remoción de mercurio.

A continuación, se describe detalladamente el paso a paso la síntesis, preparación y estudios realizados a los materiales adsorbentes obtenidos.

7.4.1. Instrumentos

El análisis cristalográfico se realizó con ayuda del difractómetro de rayos X, Panalytical Xpert Pro MPD. El plasmón de resonancia superficial se determinó usando el espectrofotómetro Uv-vis, Shimadzu 1800. Los grupos funcionales de los adsorbentes fueron analizados por el espectrofotómetro infrarrojo por transformada de Fourier, Shimadzu Iffinity-1s. El estudio de remoción de iones de mercurio (II) fue realizada haciendo uso del espectrofotómetro de absorción atómica, Shimadzu AA7000, por medio del generador de hidruros. Se utilizó el potenciómetro de marca Beckman para el ajuste de pH.

7.4.2. Reactivos

Todos los reactivos químicos usados fueron de grado analítico de alta pureza, se utilizó agua desionizada para realizar las preparaciones necesarias. Las soluciones para la síntesis de nanopartículas por el método de coprecipitación fueron preparadas a partir de sales de cloruros e hidróxido de sodio en lentejas a una concentración de $0.88 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ para el cloruro de hierro (II), $0.92 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ para el cloruro de hierro (III) hexahidratado y $5.34 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ para la solución de hidróxido de sodio. Además, se utilizaron soluciones de hidróxido de sodio 0.1 N y ácido clorhídrico 0.1 N para la regulación del pH.

Las nanopartículas de hematita fueron funcionalizadas con una solución de ácido aspártico 0.1 M diluido en una solución de ácido nítrico al 1%, dejando en agitación constante durante una hora.

Para la esferificación de las perlas de alginato y alginato-hematita se usó una solución de Alginato de sodio, la cual se preparó disolviendo 2.34 g, en 200 mL de agua desionizada a 60°C en agitación constante y una solución de cloruro de calcio que se preparó tomando 2.6 g de cloruro de calcio anhidro y disolviéndose en 200 mL de agua desionizada.

La solución stock de mercurio Hg^{2+} fue preparada a partir del óxido de mercurio (II) a una concentración de $100 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$, tomando 0,10 g de HgO y disolviendo en 5 mL de HCl 6M y diluyendo a 1 litro con agua desionizada. Para obtener una concentración de $1.0 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ se realiza una dilución de 10 mL en 1000 mL de agua desionizada. La determinación de la concentración de mercurio fue realizada con el generador de hidruros usando bromo hidruro de sodio, ácido clorhídrico e hidróxido de sodio, estas soluciones fueron preparadas con agua tipo 1.

7.4.3. Síntesis de nanopartículas de hematita (NpHT) por el método convencional de co-precipitación

Las nanopartículas de hematita se sintetizaron utilizando el método de co-precipitación a partir de 100 mL una solución acuosa de cloruro de hierro (II) 0.44 M y cloruro de hierro (II) 0.46 M. A esta mezcla se le adiciono 250 mL de hidróxido de sodio 5.34 M por goteo constante con ayuda de un embudo de decantación observándose una coloración café indicativo de la formación de hematita. La síntesis se llevó a cabo a temperatura ambiente durante 1 hora con agitación continua. Luego la mezcla se neutralizó con ayuda de ácido clorhídrico para eliminar el exceso de hidróxido de sodio hasta llevar a un pH de 7, las NpHT se separaron por carga magnética, se lavaron con agua desionizada tres veces, se separaron, se eliminó el exceso de agua con ayuda de una estufa de secado a 105 °C durante 6 horas y se llevó a una mufla a 500 °C por dos horas hasta obtener un polvo de coloración rojiza.

7.4.4. Funcionalización de NpHT con ácido aspártico

Las NpHT se funcionalizaron tomando 0.5 g de estas y disolviéndose en 10 mL de ácido nítrico al 1% en un beaker de 100 mL, dispersando las nanopartículas con ayuda de un baño de ultrasonido. Posterior a esto se deja adiciona en una bureta de 50 mL una solución de ácido aspártico 0.1 M diluido en ácido nítrico al 1%, dicha disolución va gotear lentamente en el beaker donde se encuentran las NpHT en agitación constante durante una hora.

Finalizado el proceso de funcionalización se secan las nanopartículas de hematita funcionalizadas (NpHTf) utilizando una estufa de secado a 75 °C.

7.4.5. Preparación de las perlas de alginato

Se preparó una solución de alginato de sodio al 1.17% m/v el disolviendo este compuesto en agua desionizada a 70 °C en agitación constante. Las perlas de alginato de calcio se obtuvieron goteando con ayuda de un embudo de decantación la solución de alginato de sodio al 1.17% m/v sobre una solución de cloruro de calcio al 1.3% m/v, la que se encontraba en agitación constante. "Las perlas se forman gracias a un proceso de gelificación brusca debido a la formación de alginato de calcio, el cual es insoluble en agua. La técnica logra obtener perlas de morfología esféricas de dimensiones semejantes" (Oliveira, 2003, p.35).

Terminado el proceso de obtención de las perlas, estas se lavaron repetidas veces, una vez con una solución de EDTA al 0.01 M y tres veces con agua desionizada y se secaron utilizando una estufa de secado a 75 °C durante 6 horas, para eliminar el exceso de humedad.

7.4.6. Preparación de perlas nanocompuestos de alginato con NpHTf

Se preparó una solución de alginato de sodio al 1.17% m/v disolviendo este compuesto en agua desionizada a 70 C° en agitación constante. Las perlas de alginato se obtuvieron goteando la mezcla de alginato de sodio al 1.17% m/v, sobre una solución de cloruro de

calcio al 1.3% m/v en la cual se añadió 0.05 g de NpHTf, la que se encontraba en agitación constante. Terminado el proceso de obtención de las perlas, estas se lavaron repetidas veces, una vez con una solución de EDTA al 0.01 M y tres veces con agua desionizada y se secaron utilizando una estufa de secado a 75°C durante 6 horas, para eliminar el exceso de humedad.

7.4.7. Efecto del pH

El efecto del pH en la adsorción de mercurio (II) fue testeado en los dos diferentes materiales añadiendo 0.2 g de las perlas de alginato de calcio y 0.2 g de las perlas nanocompuestas de alginato con NpHTf en 40 mL de una solución de 50 ppb de Hg (II). El pH se ajusta usando HCl o NaOH dependiendo del requerimiento de la solución. La prueba fue realizada a temperatura ambiente con agitación constante durante 7 horas. Transcurrido el tiempo, se toma una alícuota de 30 mL (en el caso de las NpHT es necesario centrifugar durante cuatro minutos). La concentración total de mercurio (II) se determina con ayuda del espectrofotómetro de absorción atómica (Shimadzu AA7000) y el generador de hidruros, usando borohidruro de sodio, ácido clorhídrico e hidróxido de sodio. El límite de detección (LD) para Hg (II) utilizando este método está sobre 2.5 ppb.

7.4.8. Estudios de adsorción de Hg (II)

Los experimentos fueron realizados para dilucidar la eficiencia de las NpHTf en la remoción de ion mercurio en aguas. En los compuestos fueron añadidos 50 mL de Hg (II) de una solución de concentración inicial de 25 ppb, 50 ppb, 75 ppb, 100 ppb y 150 ppb. Todas las pruebas fueron realizadas a pH 6.8 utilizando un buffer de 2, 6 lutidina, temperatura ambiente (20 °C) y 24 horas de tiempo de contacto. Después de esto, los compuestos fueron separados por filtración y la concentración de Hg (II) fue determinada por el método de vapor frío usando el espectrofotómetro de absorción atómica.

7.5. Fase de desarrollo

La fase de desarrollo se estructuró en dos momentos; el primero consiste en la construcción de los instrumentos y la revisión bajo el criterio de algunos expertos en el área, con el fin de analizar la pertinencia de aplicación de la propuesta para cumplir con los objetivos propuestos, teniendo en cuenta las observaciones de los expertos se realiza la previa modificación los instrumentos para la posterior aplicación de la secuencia de actividades.

El segundo momento de esta etapa corresponde con la aplicación de la secuencia de actividades con el fin de alcanzar el objetivo general de la propuesta, esta aplicación se abordó a partir de una serie de actividades experimentales y actividades de la intervención

educativa fundamentadas en la química en contexto con un foco hacia el objetivo de desarrollo sostenible número 6: agua limpia y saneamiento.

7.5.1. Diseño y revisión de instrumentos

Con el fin de caracterizar las habilidades de pensamiento crítico: interpretación y análisis, para recolectar información relevante para analizar los objetivos propuestos en la investigación se realizó el diseño y aplicación de una serie de instrumentos, los cuales fueron revisados en contenido por expertos en educación, para esta revisión se diseñaron rúbricas de análisis (Ver anexo A)

7.5.2. Instrumentos

La recolección y registro de la información en la aplicación de la secuencia de actividades se realiza a través de la aplicación de una serie de instrumentos de enfoque cualitativo y cuantitativo que se describen a continuación:

7.5.2.1. Test de ideas previas

El instrumento de ideas previas (ver anexo B), se estructuró para establecer un diagnóstico de los conocimientos previos de los estudiantes en relación a los conceptos de nanotecnología, la espectrofotometría y remoción de metales pesados, este test consistió en cinco preguntas abiertas; preguntas diseñadas bajo un enfoque cualitativo y estructuradas para la caracterización de las habilidades de análisis e interpretación del pensamiento crítico, el análisis de este instrumento de recolección se realizó de manera cualitativa mediante un procesos de codificación y segmentación mediante el software MAXQDA.

7.5.2.2. Entrevista - problemática

A partir de una situación real y contextualizada en la ciudad de Bogotá D.C, que describió la problemática referente al mercurio, las cantidades permitidas por la organización de la salud y adicionalmente una gráfica en la que se reportan los resultados promedios de concentraciones de mercurio por biomarcador y consumo de pescado, se realizó a los estudiantes una entrevista (ver anexo C) que consistió en ocho pregunta que se formularon orientadas a la caracterización de habilidad de análisis e interpretación del pensamiento crítico, este instrumento permitió recopilar información detallada mediante una exploración de las perspectivas, experiencias y emociones de los participantes. Las entrevistas ofrecen flexibilidad, lo que permite adaptar las preguntas a las necesidades del estudio y adaptarlas en función de las respuestas de los participantes permitiendo así profundizar en las respuestas

de los participantes, descubriendo motivaciones y creencias subyacentes (Díaz, G., & Ortiz, R. 2005).

7.5.2.3. Compendio de la secuencia de actividades

El desarrollo de las actividades se enfocó en un contexto rural, en un sector en la periferia de Bogotá que presentaba una problemática de contaminación por mercurio, teniendo en cuenta esta situación se desarrollaron diferentes actividades como: microlaboratorios, discusión de artículos, trabajo con software especializados para la caracterización de nanopartículas que, aunque no se evaluaron, influyeron en dar cumplimiento a los objetivos de este trabajo (ver anexo D)

7.5.2.4. Instrumento final

Este instrumento consistió en cinco preguntas de índole cuantitativo (ver anexo E) en este se propuso la elaboración de un mapa conceptual, la categorización y organización de pasos de laboratorio y preguntas abiertas que permitieron evidenciar la apropiación del componente teórico y práctico de la secuencia de actividades y la promoción de habilidades de pensamiento crítico.

7.6. Criterio de análisis de los instrumentos

Mediante el establecimiento de criterios de análisis, se diseñan y seleccionan de manera rigurosa y sistemática instrumentos de recolección de información para evaluar el pensamiento crítico. Esto garantiza que los instrumentos sean válidos, confiables y estén alineados con los objetivos de investigación.

Para poder evidenciar la pertinencia la aplicación de esta investigación y dar cumplimiento a los objetivos se establecieron los criterios de análisis para la habilidad de interpretación de análisis e interpretación del pensamiento crítico; presentados en las **Tablas 5 y 6**

Tabla 5. *Criterio de análisis habilidad de interpretación del pensamiento crítico adaptado de Facione (2011).*

HABILIDAD DE INTERPRETACIÓN DEL PENSAMIENTO CRÍTICO – FACIONE			
Para comprender y expresar el sentido o significado de una amplia variedad de experiencias, situaciones, datos, eventos, juicios, convenios, creencias, reglas, procesos o criterios			
SUB HABILIDAD	NIVEL DE VALORACIÓN		
	BAJO	MEDIO	ALTO
Categoriza	No realiza distinciones de la información relevante con respecto a la irrelevante por ende es incapaz de realizar cuadros categóricos.	Distingue información relevante, organizarla, memorizarla y retenerla con el fin de comprender la información para realizar categorías	Fórmula categorías, distinciones o cuadros apropiadamente para comprender, describir o caracterizar la información.
De codifica significados	No relaciona la información contenida con gráficas, textos, y tablas en la comprensión de los sistemas de comunicación.	Conoce y describe las relaciones de la información contenida en gráficos y los criterios o relaciones inferenciales para la comprensión de los sistemas de comunicación	Detecta, describe y relaciona la información contenida, sentido afectivo, funciones directivas, intenciones, motivos, propósitos, significado social, valores, puntos de vista, reglas, procedimientos, criterios o relaciones inferenciales expresadas en sistemas de comunicación.

Tabla 6. *Criterio de análisis habilidad de análisis del pensamiento crítico adaptado de Facione (2011).*

HABILIDAD DE ANALISIS DEL PENSAMIENTO CRÍTICO – FACIONE			
Para identificar el destino y la relación inferencial actual entre declaraciones, preguntas, conceptos, descripciones, o las otras formas de representación destinadas a expresar creencias, juicios, experiencias, razones, información u opiniones			
SUB HABILIDAD	NIVEL DE VALORACIÓN		
	BAJO	MEDIO	ALTO
Examinar ideas	No realiza comparaciones entre los conceptos o declaraciones en un problema dado analizado desde diferentes perspectivas	Identifica relaciones conceptuales y determina puntos de similitud y convergencia con otras perspectivas de un mismo problema	Examina, contrasta, y compara conceptos o declaraciones estrechamente relacionadas con respecto a un problema dado y determinar sus puntos de similitud y divergencia
Identificar argumentos	No identifica expresiones o argumentos a partir de descripciones, preguntas o representaciones gráficas, para determinar si el conjunto	Relaciona descripciones, preguntas o representaciones gráficas, para determinar si el conjunto con expresiones o razones.	Determina la expresión o intención de expresar, una razón o razones en apoyar o impugnar alguna afirmación, opinión o punto de vista a partir de descripciones, preguntas o representaciones gráficas.
Analizar argumentos	Presenta dificultad en extraer premisas y razones de los argumentos expresados en un conjunto de premisas, gráficas, datos y descripciones.	Relaciona la estructura general del argumento o cadena de razonamiento prevista que se expresa a partir de un conjunto de expresiones	Determina la conclusión principal, las premisas y razones aducidas en apoyo de la principal conclusión o cualquier elemento contenido en el conjunto de expresiones que se examinan y que no pretenden ser tomado como parte del razonamiento que se expresa.

7.6.1. Análisis de los instrumentos

El análisis de los instrumentos en una investigación es esencial para interpretar datos, extraer inferencias, cuantificar resultados, evaluar la calidad, validez y confiabilidad de los datos recopilados, en esta investigación ayudó a los investigadores a tomar decisiones informadas, abordar posibles problemas para garantizar resultados precisos y significativos, teniendo en cuenta los criterios establecidos en la **Tabla 5 y 6** y teniendo en cuenta en enfoque DEPLOX:

Para el análisis de los datos cualitativos se realizó el proceso de codificación el cual es un proceso de categorizar y asignar etiquetas o códigos a diferentes segmentos o unidades de datos, este proceso implica organizar y clasificar sistemáticamente los datos en categorías o temas significativos lo que ayuda a analizar datos cualitativos mediante la identificación de patrones, conceptos o temas que surgen de los datos, proporcionando una estructura para comprender e interpretar los datos de manera sistemática y organizada.(Varela, T. V., & Sutton, L. H. 2021).

El proceso de codificación va de la mano con la segmentación que implica dividir los datos en segmentos o unidades manejables y significativos de acuerdo a los códigos establecidos por los investigadores, lo cual permite a los investigadores dividir los datos en partes más pequeñas para facilitar el análisis. Al segmentar los datos, los investigadores pueden concentrarse en subconjuntos específicos de datos y realizar análisis más enfocados y específicos.

Para realizar el análisis cualitativo mediante codificación se utilizó el software de análisis de datos cualitativos MAXQDA.

MAXQDA es un programa de software integral diseñado para la investigación cualitativa y de métodos mixto, cuenta con una variedad de herramientas y funciones para analizar y administrar datos cualitativos, como texto, imágenes, audio, video y otras formas de multimedia, se usa ampliamente en varios campos, incluidas las ciencias sociales, la psicología, la educación, la investigación de mercado y más. (Rädiker et al, 2021).

Del programa se puede resaltar las siguientes características

- Importación y organización de datos: Permite importar y organizar diferentes tipos de datos en una ubicación central, lo que puede incluir transcripciones de entrevistas, notas de campo, respuestas a encuestas, literatura, archivos multimedia y otros materiales relevantes en una amplia gama de formatos de archivo, lo que lo hace flexible y se adapta a diferentes proyectos de investigación.
- Codificación y categorización de datos: Permite a los investigadores asignar códigos o etiquetas a segmentos de datos, lo que facilita la categorización y clasificar la información. Este proceso se conoce como codificación, definido por Gibbs, (2007) como: el proceso de definir el contenido de los datos que se analizan a partir de identificar y documentar secciones específicas del texto u otros elementos de datos,

como componentes de imágenes, que representan un concepto teórico o descriptivo particular.

- **Análisis y visualización de datos:** Una de las herramientas que presenta el programa es el análisis de los datos para una interpretación más adecuada, ejemplos de este análisis es la frecuencia de palabras, frecuencias de código, codificación matricial, análisis de conglomerados y estadística de datos; adicionalmente proporciona varias opciones de representación visual, como gráficos, diagramas y mapas mentales, para mejorar la visualización de datos y la comunicación de los hallazgos.
- **Informes y resultados:** mediante el programa se pueden establecer informes, resúmenes y resultados visuales de sus hallazgos siendo estos adaptables a requisitos específicos de los investigadores.

En general, MAXQDA es un programa de software de análisis cualitativo que permitió respaldar esta investigación mediante la organización, análisis e interpretación de los datos, permitiendo establecer conexiones y generar hallazgos significativos.

El proceso de análisis cualitativo se estructuró de la siguiente manera:

1. **Familiarización:** Familiarícese con los datos leyendo o escuchando los datos varias veces lo que permitió obtener una comprensión holística de los datos e identificar ideas y percepciones de los estudiantes
2. **Codificación inicial:** el proceso consistió en generando códigos iniciales que capturaron conceptos, ideas o patrones importantes dentro de las respuestas de los estudiantes
3. **Refinación:** consiste en revisar y refinar continuamente los códigos, lo que implicó revisar los datos, comparar códigos y ajustar el marco de codificación según fue necesario.
4. **Agrupación y desarrollo de temas:** revise los códigos iniciales e identifique puntos en común o patrones entre ellos identificando así segmentos en el discurso de los estudiantes
5. **Segmentación de datos:** según los objetivos de investigación, las preguntas de investigación y los temas identificados, se reconocieron segmentos en el discurso de los estudiantes.
6. **Análisis continuo:** una vez que la codificación y la segmentación estén completas, analice los datos codificados dentro de cada segmento o tema. Esto puede implicar una mayor exploración de datos, comparaciones entre segmentos, identificación de relaciones o patrones y dibujo de interpretaciones.

Pudiendo así analizar de manera efectiva los datos cualitativos y obtener conocimientos significativos del conjunto de datos, por otro lado, el análisis de datos cuantitativos se establecieron rúbricas de evaluación presentadas en el apartado de análisis de resultados teniendo en cuenta los criterios de análisis de la **Tabla 5 y 6**.

7.7. Implementación de la secuencia de actividades

La implementación de la secuencia de actividades tuvo lugar en la Universidad Pedagógica Nacional, durante la primera semana del semestre 2023-1, contó con el consentimiento informado (ver anexo F) de los participantes.

Tabla 7. *Secuencia de actividades. Autores.*

Núcleo	Actividad	Objetivos	Evaluación
Núcleo 1	Test- ideas previas	Reconocer las aproximaciones de los estudiantes a la problemática y el contenido teórico práctico de la secuencia de actividades	Se diseñó un instrumento con 5 preguntas abiertas con el cual se pretendía identificar las ideas previas de los estudiantes acerca de la nanotecnología, contaminación por mercurio y objetivo de desarrollo sostenible. El análisis de la compilación de datos obtenidos bajo este instrumento se realizó mediante codificación y categorización de datos cualitativos que consiste en la generación e identificación de patrones dentro de los datos obtenidos mediante el instrumento, implica leer los datos varias veces y resaltar o etiquetar pasajes que se relacionan con temas o ideas particulares para establecer tendencias (Gibbs, 2007).
	Entrevista	Situar a los estudiantes en una problemática real debido a la contaminación del mercurio	Se realizó una situación en problema contextualizada a la población bogotana y con base en esa situación se realizó una entrevista que consistía en 8 preguntas de análisis e interpretación sobre la situación problema presentada, el análisis de estos datos se realizó a partir del sistema de codificación de análisis cualitativo
	Discusión de artículos científicos - nanotecnología	Reconocer los alcances científicos y tecnológicos de la nanotecnología	No evaluable
	Actividad demostrativa	Aproximar a los estudiantes mediante prácticas sencilla a el concepto de área superficial y nanotecnología	No evaluable

Núcleo 2	Práctica de laboratorio 1 – síntesis de nanopartículas de plata	Transferir el aprendizaje teórico a un escenario de laboratorio	Informe de laboratorio/no evaluable
Núcleo 3	Video técnicas de caracterización	Orientar a los estudiantes en el uso de técnicas de análisis y caracterización de nanopartículas	No evaluable
	Video análisis		
	Actividades técnicas de caracterización software xpert	Desarrollar a partir de datos histogramas de análisis y caracterización de nanopartículas	Histograma- No evaluable
Núcleo 4	Práctica de laboratorio - Caracterización de Nanopartículas de hematita y adsorción de mercurio.	Determinar los alcances de la técnica experimental en la capacidad de adsorción de las nanopartículas	No evaluable
	Presentación espectrofotometría infrarroja y difracción de rayos x	Reconocimiento de las técnicas de caracterización	No evaluable
Núcleo 5	Presentación Reflexiones de la nanotecnología	Reflexión sobre los avances de la nanociencia en la sociedad y en los contextos educativos.	No evaluable
	Instrumento Final	Evaluar el efecto de la aplicación de la secuencia de actividades en el grupo de estudiantes intervenido	Aplicación de un instrumento final que consistió en 5 preguntas que involucraban el desarrollo de un mapa conceptual, la organización de pasos de laboratorio y la interpretación y el análisis de problemáticas en relación con la contaminación por mercurio y la síntesis de nanopartículas a partir de rúbricas de evaluación establecidas por los investigadores, validadas por expertos

7.8. Fase evaluativa

En esta fase se presentan el análisis de resultados y conclusiones derivados de la secuencia de actividades para la caracterización de la habilidad de análisis e interpretación del pensamiento crítico, con el fin de contrastar los resultados con la pregunta problema y los objetivos propuestos en esta investigación y la estructuración teórica-experimental de la adsorción de Hg (II) sobre Fe₂O₃-nano soportadas en matriz biopolimérica.

8. ANÁLISIS DE RESULTADOS

A continuación, se presenta el análisis de resultados del trabajo de grado, el cual abarca el análisis de los resultados, para este fin el desarrollo se divide en dos bloques, por un lado, el primer bloque corresponde a los resultados experimentales obtenidos en la caracterización de nanopartículas de hematita funcionalizadas con ácido aspártico sintetizadas por el método de co-precipitación y su posterior deposición en una matriz biopolimérica, material que permitió el desarrollo de los estudios cinéticos y de capacidad de adsorción de los nanocompuestos seleccionados. Por otro lado, el segundo bloque de resultados, corresponde al análisis de los datos obtenidos en la implementación de la secuencia didáctica orientada a caracterizar las habilidades de pensamiento crítico, interpretación y análisis de problemas desde el enfoque de la química en contexto, al abordar una serie de actividades contextualizadas asociadas a la remoción de ion mercurio (II) con las nanopartículas sintetizadas y caracterizadas.

8.1. Resultados experimentales

Con los siguientes análisis, además de poder caracterizar las nanopartículas sintetizadas y funcionalizadas en el laboratorio se pudo realizar los análisis químicos necesarios para determinar la capacidad de adsorción del material nanocompuesto para remoción del metal pesado seleccionado.

8.1.1. Análisis de distribución de tamaño según DRX y RPSL

En la **figura 6** se muestran los resultados de la muestra de hematita al ser analizados por difracción de rayos X (DRX). El difractograma de rayos X exhibe picos correspondientes a cristales de NaCl (rombos de color azul) debido a que al finalizar la co-precipitación se neutralizó el exceso de iones hidroxilos con HCl 1M. De igual manera se observan picos que corresponden a hematita (triángulos verdes), en este caso solamente fueron analizadas las nanopartículas de hematita sin funcionalizar. En un primer análisis se compararon los picos obtenidos, a partir de la base de datos descargada en el programa X'Pert HighScore Plus, el cual por medio de un puntaje (ver **Tabla 8**) determinó una alta coincidencia entre los picos encontrados en la muestra con los picos representativos de cristales puros de hematita. Determinando así que por la adaptación del método de coprecipitación controlada postulado por Berrones y Lascano (2009) con una hora de reacción por goteo constante a temperatura ambiente y calcinación a 500 °C por dos horas, se obtiene hematita.

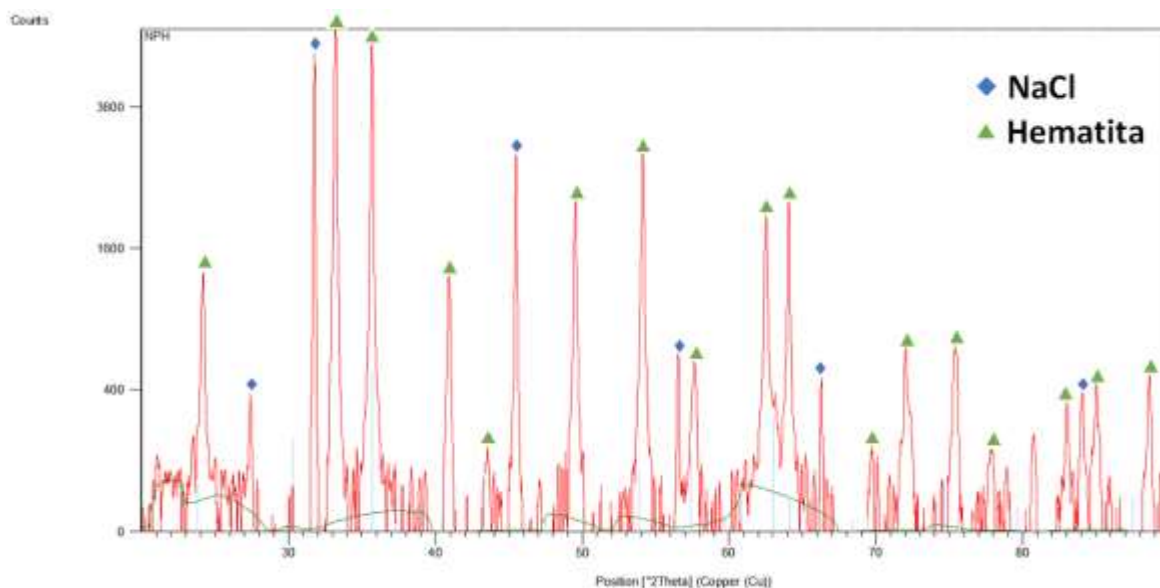


Figura 7. Difractograma de rayos X para la muestra de hematita sintetizada. Autores.

Ref. Code	Score	Compound Name	Displacement [$^{\circ}2\theta$]	Scale Factor	Chemical Formula
96-900-9783	85	Hematite	0,000	1,057	Fe ₁₂ O ₁₈
96-430-0181	48	4300180	0,000	0,715	Na ₄ Cl ₄

Tabla 8. Puntaje de la muestra por X'Pert HighScore Plus. Autores.

Posteriormente, con la ayuda de la **ecuación de Scherrer (ecuación 1.)** y el ancho de la línea de los picos, se estimó el tamaño medio de las nanopartículas de hematita. Los resultados se muestran en la **Tabla 9**, en la cual se obtuvo que el tamaño promedio del grano de hematita es de 32.7 nm, valor aproximado obtenido por el tratamiento de datos en la ecuación de Scherrer.

Tabla 9. Determinación del tamaño de nanopartículas de hematita por la ecuación de Scherrer. Autores.

# Peak	Peak posicion	FWHM	Tamaño de cristal (nm)
1	24,1987	0,2496	32,6
4	33,2161	0,2184	38,0
5	35,6935	0,2496	33,4
7	43,4876	0,3744	22,8
8	45,5075	0,2184	39,4
10	54,1363	0,2184	40,8
12	57,7488	0,4992	18,2
13	62,5105	0,2184	42,6
14	64,0777	0,2184	42,9
16	69,7326	0,312	31,0
17	72,0046	0,2496	39,3
18	75,5302	0,3744	26,8
19	77,7786	0,7488	13,6
20	80,6550	0,3744	27,8
21	83,0072	0,2496	42,5
23	84,9987	0,312	34,5
24	88,6103	0,3744	29,7
Promedio tamaño (nm)			32,7

Por otro lado, en la **Figura 8** se muestran los resultados del espectro de extinción de las nanopartículas de hematita (NpHT). Se observa un pico prominente de extinción que inicia aproximadamente en 198 nm, el cual es debido a la Resonancia del Plasmón Localizado de Superficie (RPLS), dado que cierta energía de luz se absorbe y se dispersa para poner en resonancia la nube electrónica de las NpHT. Fraga, J., Et all. (2021) menciona que este fenómeno es causado debido a que la nanopartícula (Np) se encuentra bajo la acción de un campo electromagnético representado por un campo eléctrico oblicuo a la dirección de la onda. Donde, la densidad de la carga de la nanopartícula se acopla a este campo eléctrico, sufriendo una polarización de carga. Sin embargo, como la dirección del campo eléctrico varía respecto al tiempo, la polarización de la Np y la densidad de todo el sistema sufrirá una fluctuación, generando la resonancia y dando lugar a plasmones localizados de superficie.

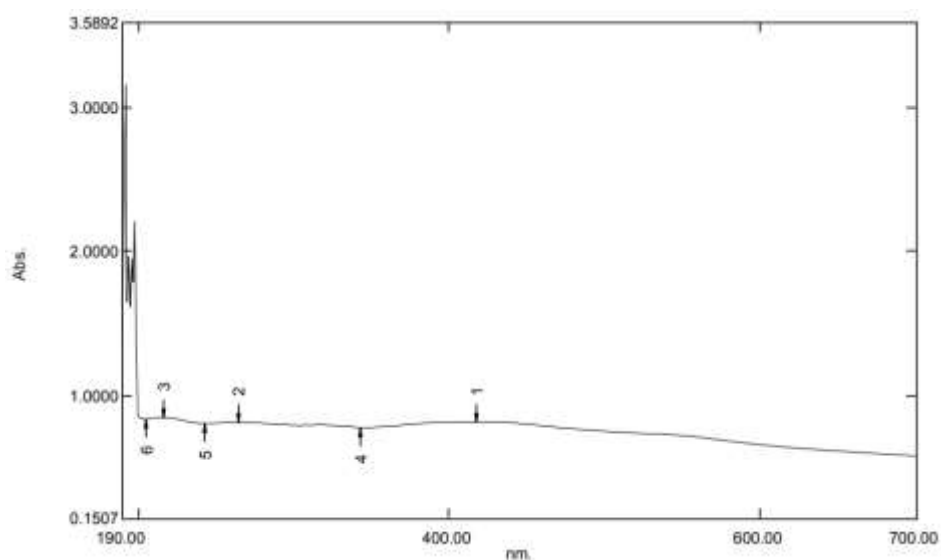


Figura 8. Espectro de extinción NpHT. Autores.

Lo anterior, indica que el tamaño de nanopartícula está directamente relacionado con la perturbación de la absorbancia, lo que genera el espectro de extinción característico para la nanopartícula de hematita sintetizada, lo cual nos da un indicio que el tamaño de esta se encuentra por debajo de 198 nm.

Los resultados obtenidos muestran que las nanopartículas de hematita sintetizadas por el método de co-precipitación con sales de cloruro de hierro (II) y cloruro de hierro (III) con goteo constante de NaOH y agitación por una hora, con temperatura (20° C) y presión (564 mHg) ambiente, para su posterior calcinación en mufla a una temperatura de 500°C, produciendo nanopartículas con una distribución de tamaño entre 32,7-198 nm.

8.1.2. Funcionalización de nanopartículas de hematita

Debido que uno de los objetivos de este trabajo de grado fue lograr la funcionalización de nanopartículas de hematita con ácido aspártico, la técnica de espectroscopia infrarroja por transformada de Fourier, nos brinda la información necesaria para determinar los grupos funcionales presentes en las nanopartículas de hematita sin funcionalizar (NpHT) y las ya funcionalizadas (NpHTf).

En primera instancia se analizó el espectro de la molécula orgánica de L-ácido aspártico, basándose en el encontrado en Spectral Database for Organic Compounds (SDBS) que se muestra en la **figura 9**.

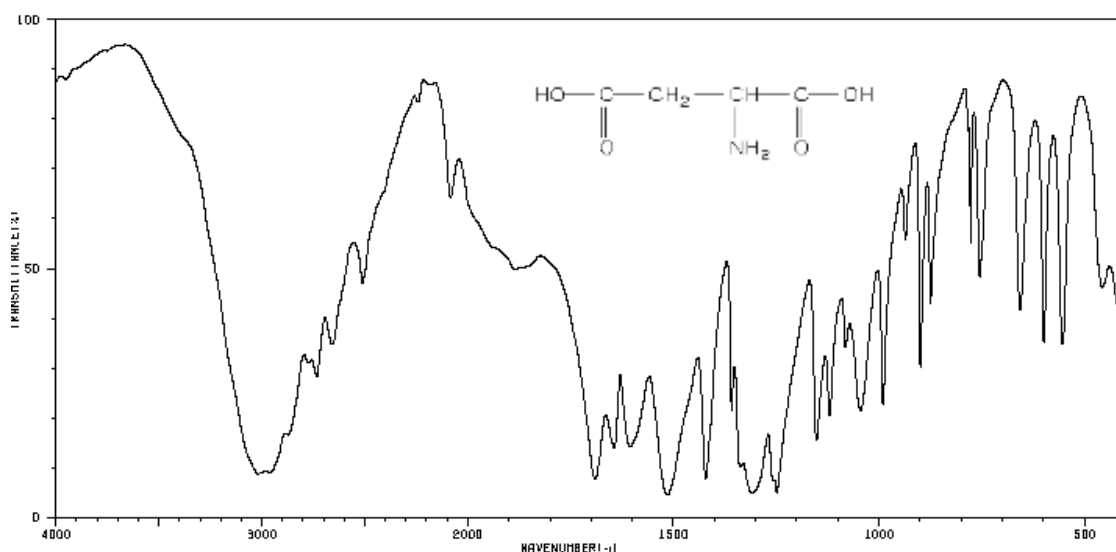


Figura 9. Espectro de L-ácido aspártico. Tomada de: https://sdbs.db.aist.go.jp/sdbs/cgi-bin/direct_frame_top.cgi

En la **tabla 10**, se presenta el análisis que se concluye con las señales asignadas al L-ácido aspártico brindadas por la base de datos SDDBS.

Tabla 10. Señales identificadas del espectro de L-ácido aspártico. Autores.

Grupo	Número de onda (cm^{-1})	Tipo de Vibración
NH_3^+	2733	Tensión N-H
Zwitterion	2659	Zwitterion
$C = O$	1690	Tensión C=O
NH_3^+	1644	Balanceo asimétrico, Zwitterion
$N - H$	1514	Balanceo fuera del plano
NH_3^+	1309	Balanceo simétrico
$C - N$	1120	Tensión C-N

Tomando en cuenta la referencia del aminoácido elegido para realizar la funcionalización de la nanopartícula, se analiza con detalle los espectros de nanopartículas de hematita (NpHT) y nanopartículas de hematita funcionalizadas con L-ácido aspártico (NpHTf), los cuales se encuentran en la **Figura 10** en color azul y color naranja, respectivamente.

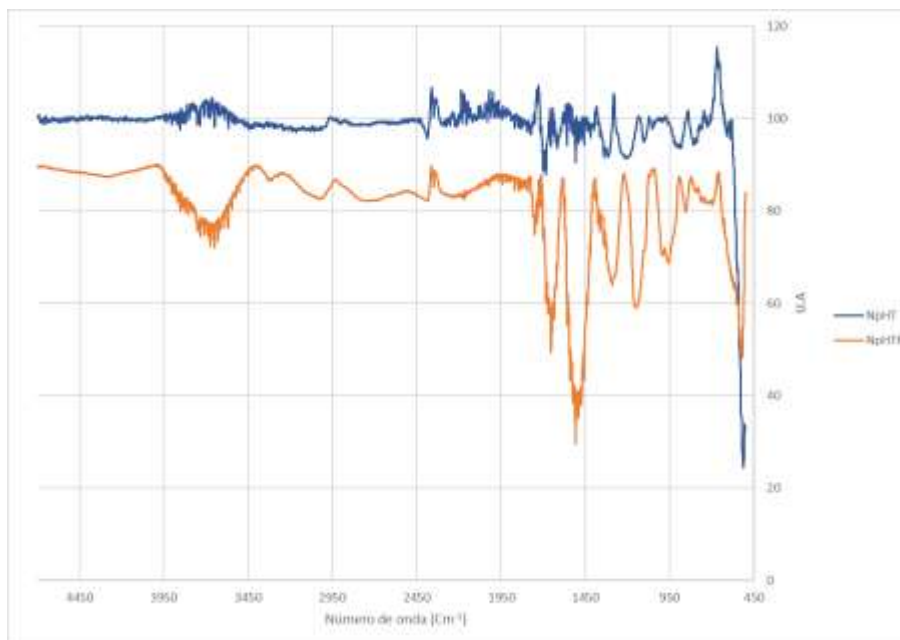


Figura 10. Espectro infrarrojo para NpHT y NpHTf. Autores.

En la **tabla 11**, se presenta el análisis realizado a las señales identificadas a varios tipos de grupos funcionales, obtenidos en los espectros de NpHT y NpHTf.

Tabla 11. Señales identificadas de los espectros de nanopartículas de hematita (NpHT) y nanopartículas de hematita funcionalizadas con L-ácido aspártico (NpHTf). Autores.

Grupo	Número de onda (cm^{-1}) NpHT	Número de onda (cm^{-1}) NPHTf	Tipo de Vibración
$O - H$		3024	Vibración O-H
NH_3^+		2744	Tensión N-H
Zwitterion		2686	Zwitterion
$C = O$		1653	Tensión C=O
$N - H$		1507	Balanceo fuera del plano
NH_3^+		1295	Balanceo simétrico
$C - N$		1147	Tensión C-N
$N - H$		854	Balanceo fuera del plano simétrico
$Fe - O$	512	518	Vibración Fe-O

En el espectro de NpHTf se identifica un pico que corresponde a vibraciones por estiramiento de enlaces O-H en el número de onda 3024 cm^{-1} , la cual corresponde al hidroxilo. En la misma región encontramos dos picos, con frecuencia de onda de 2744 cm^{-1} el cual corresponde a tensión NH_3^+ y en 2686 cm^{-1} del Zwitterion característica propia de los aminoácidos, ya que la molécula puede ionizarse tanto positivamente como negativamente, gracias a sus dos grupos funcionales representativos (COOH y NH_2).

En la región comprendida entre 2600 a 1000 cm^{-1} , están contenidas varias vibraciones que nos indican tensiones de C=O (1653 cm^{-1}), balanceo fuera de plano entre N-H (1507 cm^{-1}), balanceo simétrico NH_3^+ (1295 cm^{-1}) y además, se encuentra tensiones C-N (1147 cm^{-1}) estas señales encontradas en las NpHTf corresponden a vibraciones propias de un aminoácido y al compararlas con algunas señales identificadas para el L-ácido aspártico se encuentra una similitud con un ligero corrimiento en los picos más representativos.

Por último, señala Trujillo (2013) que a menor frecuencia en el espectro infrarrojo se activan los desdoblamientos vibracionales como las rotaciones vibracionales y para el caso de las nanopartículas magnéticas compuestas por óxidos de hierro se pueden identificar vibraciones asociadas al Fe-O, que para el caso de las NpHT y las NpHTf vamos a encontrar estas señales en 512 y 518 cm^{-1} correspondientemente.

En términos generales se observa que las nanopartículas de hematita fueron exitosamente funcionalizadas con L-ácido aspártico mediante el método adaptado de Sousa, Rubim, Sobrinho y Tourinho (2001), los que además, señalan que la funcionalización de este aminoácido se da por medio de su grupo carboxilo a la superficie de la nanopartícula magnética. Pero este proceso no es una reacción simplemente física, sino que se muestra un proceso de quimisorción por parte de ligandos orgánicos los cuales dependen en gran medida por el pH para poder realizar la adsorción en la superficie del óxido, por lo cual en este método se utilizó una solución de ácido nítrico al 1%. Sousa et al. (2001) esquematiza el proceso de quimisorción de la siguiente manera:



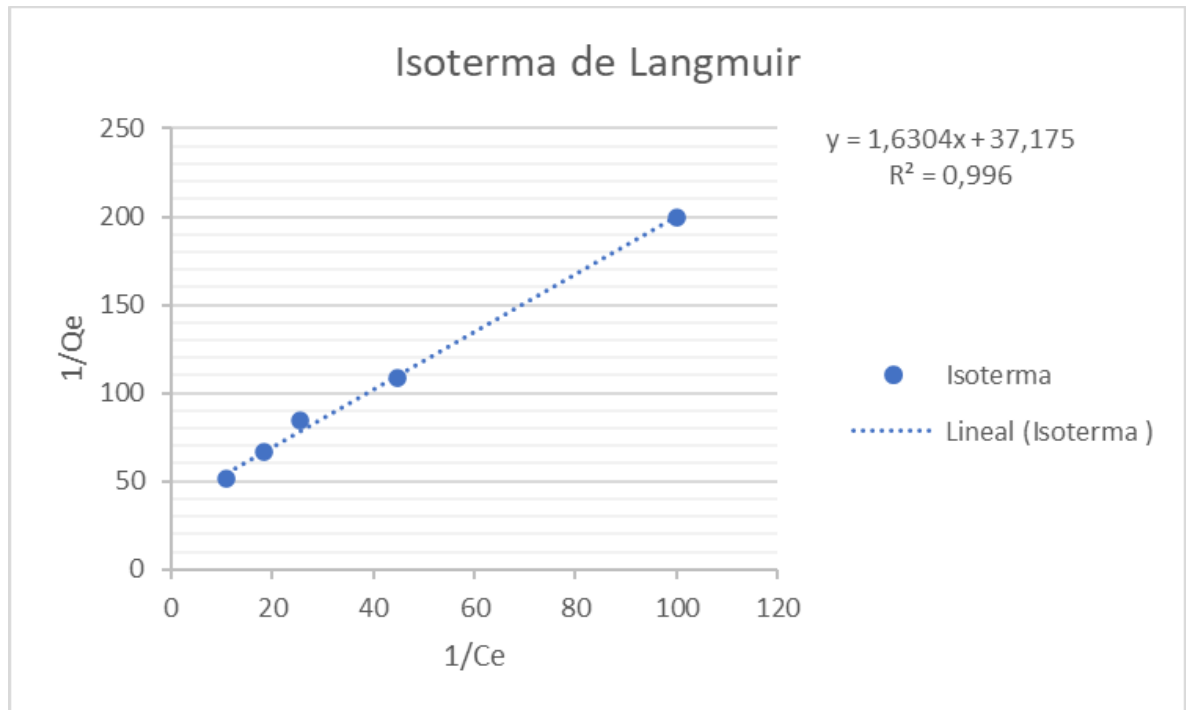
8.1.3. Capacidad de adsorción de nanopartículas de hematita funcionalizadas.

En este apartado se analiza los resultados obtenidos relacionados a la capacidad de adsorción de las nanopartículas de hematita funcionalizadas con L-ácido aspártico en disoluciones acuosas que contienen Hg (II).

En este estudio se tomó un lapso estimado de 24 horas como tiempo de equilibrio para el material usado. Además, de trabajar con concentraciones variables entre 25 ppb y 150 ppb a

un pH de 6.5 usando como buffer 2,6 lutidina debido a que su constante de formación de complejos en soluciones acuosas con metales cationes divalentes es muy pequeña según lo planteado por, Bips, Elias, Hauroeder, Kleinhans, Pfeifer, y Wannowius, (1983).

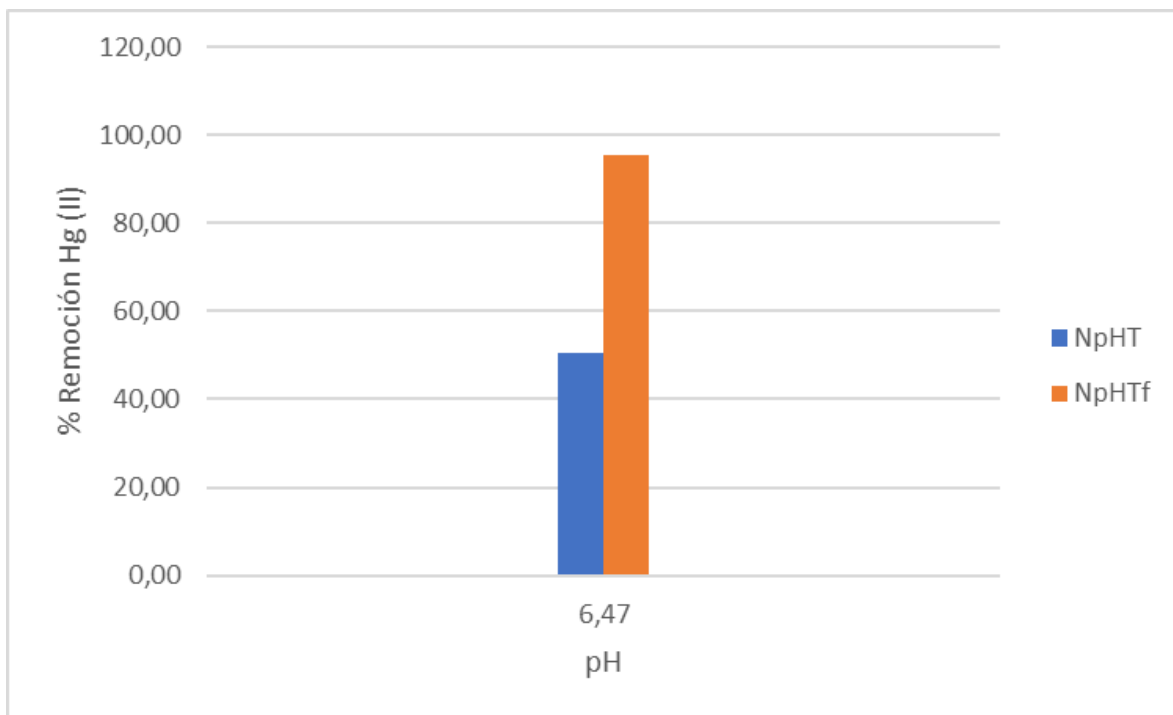
En la **Gráfica 1.** se muestra isoterma de Langmuir en su forma linealizada, con la cual se calculó la capacidad de adsorción de las NpHTf.



Gráfica 1. Isotherma de Langmuir para NpHTf. Autores.

La isoterma muestra un coeficiente (R^2) con valor de 0.996, indicando un mecanismo de adsorción de monocapa, como se ha evidenciado en otras investigaciones donde se usan nanopartículas de hematita funcionalizadas, como el de Kim et al. (2021). Adicionalmente, la capacidad de adsorción máxima obtenida del modelo lineal de Langmuir, exhibe un valor de 0.027 mg/g.

Por otro lado, al realizar una comparación entre las NpHT y las NpHTf en mismas condiciones al remover iones mercurio de una disolución acuosa se muestra en la **Gráfica 2.** que al funcionalizar las nanopartículas de hematita con L-ácido aspártico se aumenta la fijación de este contaminante en la superficie de las nanopartículas en un 45%.

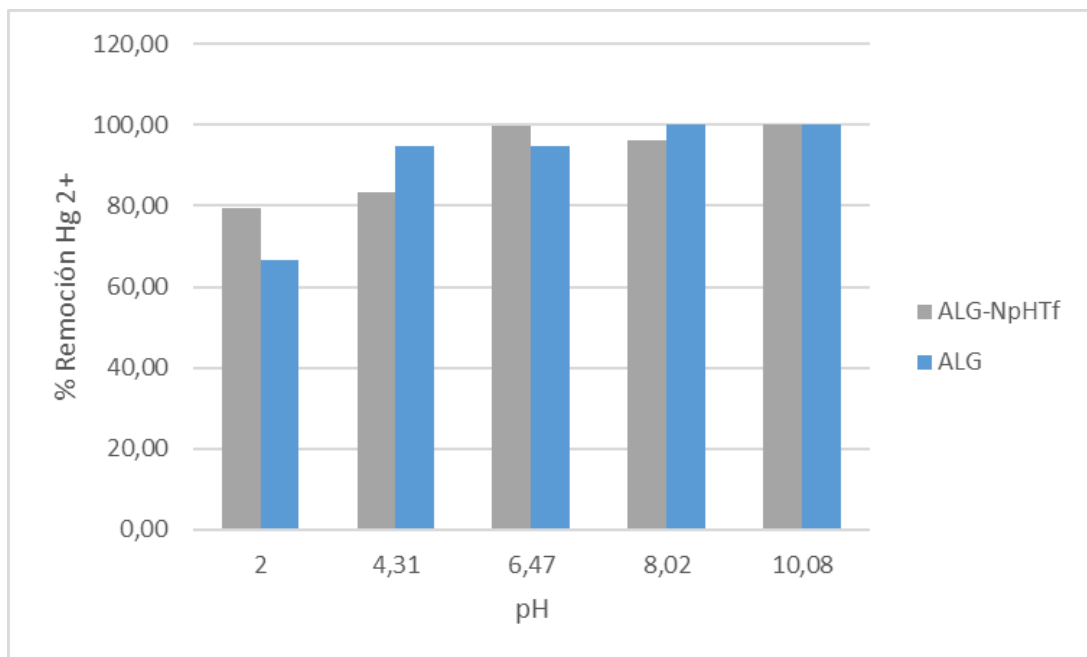


Gráfica 2. Porcentaje de remoción de mercurio (II) en disolución acuosa con NpHT y NpHTf. Autores.

8.1.4. Efecto del pH en el proceso de adsorción en nanocompuestos

A continuación se describen los análisis de resultados relacionados con el estudio de adsorción del ion Hg(II) sobre los nanocompuestos sintetizados a diferentes pHs.

En la **Gráfica 3.** se presenta los datos de adsorción del ion mercurio (II) sobre las perlas de alginato de calcio (ALG) y las nanopartículas de hematita funcionalizadas en matriz biopolimérica (ALG-NpHTf) en función del pH, como se puede apreciar a pH 6,5 el porcentaje de remoción es mayor al 95% tanto para la ALG-NpHTf como para las perlas de alginato de calcio, resultados que indican la capacidad de adsorción de estos materiales, los cuales son comparados con la remoción de las nanopartículas de hematita funcionalizada no soportadas que tienen un porcentaje de remoción de 96%, **Gráfica 2** lo que indica que al soportar las nanopartículas de hematite sobre las perlas de alginato mejora las propiedades de adsorción de este material al aumentar los sitios de adsorción como lo han mencionado otros autores, Martinez (2017) y Kim et al. (2021), asimismo a pHs alcalinos el porcentaje de remoción se mantiene constante o aumenta levemente, quizás este comportamiento se atribuye a que medios fuertemente básicos favorece la precipitación del hidróxido de mercurio (II).



Gráfica 3 . Comparación de remoción de mercurio entre perlas de alginato de calcio y nanopartículas de hematita funcionaliza. Alg- alginato ALG-NpHTf - Nanopartículas funcionalizadas. Autores.

Teniendo en cuenta los resultados experimentales se determinaron los conceptos estructurantes para la construcción de la secuencia de actividades que después de su implementación permitieron establecer los resultados presentados a continuación.

8.2. Resultados de la implementación de la secuencia de actividades

Los resultados que se obtuvieron en la secuencia de actividades se describen de acuerdo a los instrumentos realizados, cada uno de ellos con su respectivo sistema de análisis.

8.2.1. Análisis y caracterización del instrumento de ideas previas

El instrumento de ideas previas (anexo 1) se estructuró para realizar análisis cualitativo exploratorio sobre diagnóstico de los conocimientos previos frente a la contaminación por mercurio y nanotecnología que presentaban los estudiantes para lo cual se utilizó el procedimiento de codificación descrito en la sección 6.7.1, lo que permite analizar la información como se precisa en la **tabla 1**:

Tabla 12. *Análisis preliminar de ideas previas de los estudiantes.*

DIAGNÓSTICO PRELIMINAR DE LOS CONOCIMIENTOS PREVIOS DE LOS ESTUDIANTES				
HABILIDAD DEL PENSAMIENTO CRÍTICO	NÚMERO DE PREGUNTA	CÓDIGOS	SEGMENTOS RECONOCIDOS	ANÁLISIS
Habilidad de análisis	Número 2	Nueva unidad de medida, la milésima de un nanómetro	3	<p>Para esta pregunta se establecía una serie de información de equivalencia métricas con el fin de que los estudiantes pudieran analizar esta información y definir el concepto de nanómetro, al codificar la información presentada por los estudiantes se pudo analizar que a partir de la información presentada los estudiantes relacionan el nanómetro como una unidad de medida.</p> <p>Se evidencia en respuestas tales como:</p> <p><i>.. es una unidad de medida, la cual se utiliza para dar medición a una subpartícula...</i></p>
		Equivalencia de un nanómetro a una millonésima de 1 M	3	
		Concepto de nanómetro como unidad de medida	6	
		Capacidad de manómetro para medir moléculas	1	
		Comparación de tamaño de nanómetro a escala micro	1	

				<p>.... Parte muy pequeña de una medida química ...</p> <p>En donde se puede evidenciar la falta de decodificación del texto, debido a que no se utilizó por parte de los estudiantes la información presentada en el texto</p>
	Número 5	No hay interpretación de ninguna señal	5	<p>Con esta pregunta se pudo evidenciar que los estudiantes desconocen la técnica de espectrofotometría FTIR, por lo cual se les dificulta analizar</p>
		Los picos son señales significativas	4	
		La especie azul Pa-Ba presenta un comportamiento menor	3	
		El Pa-Ba presenta una señal característica a los 1072,20	3	

		No hay similitudes en las bandas	4	<p>el espectro FTIR presentado en el instrumento de ideas previas, lo que llevó a la tendencia de no encontrar similitudes en las bandas presentadas</p> <p>Se presentan respuestas de los estudiantes tales como:</p> <p>... que tienen un nivel muy alto y trasciende la curva baja a comparación de las demás....</p> <p>... este espectro comparte algunas similitudes con los espectros negro y rojo....</p> <p>Lo que permite dar cuenta de la falta de análisis en la identificación de argumentos y valores para establecer respuestas.</p>
Habilidad de interpretación	Número 1	Metales pesados	36	A partir de una serie de imágenes relacionadas con las problemáticas
		Explotación de recursos	4	
		Cambio climático	2	

	Contaminación ambiental	9	
	Enfermedades causadas por la contaminación	7	
	Daños ambientales causados por el hombre	8	
	Contaminación de alimentos	9	<p>ocasionadas por el mercurio, los estudiantes establecieron categoría que relacionaron estas imágenes con los códigos presentados en la columna de códigos, siendo uno de los más presentados en el discurso es el de contaminación de alimentos por lo cual se percibe que los estudiantes tienden a asociar la contaminación de mercurio con la contaminación de alimentos-, específicamente con la contaminación de pescado.</p> <p>En la justificación de la categorización realizada por los estudiantes se presentan afirmaciones como las siguientes</p> <p>... desechos probados por la industria en los últimos años, las cuales generan grandes cantidades de desechos....</p> <p>Al analizar la justificación, no se evidencia una</p>

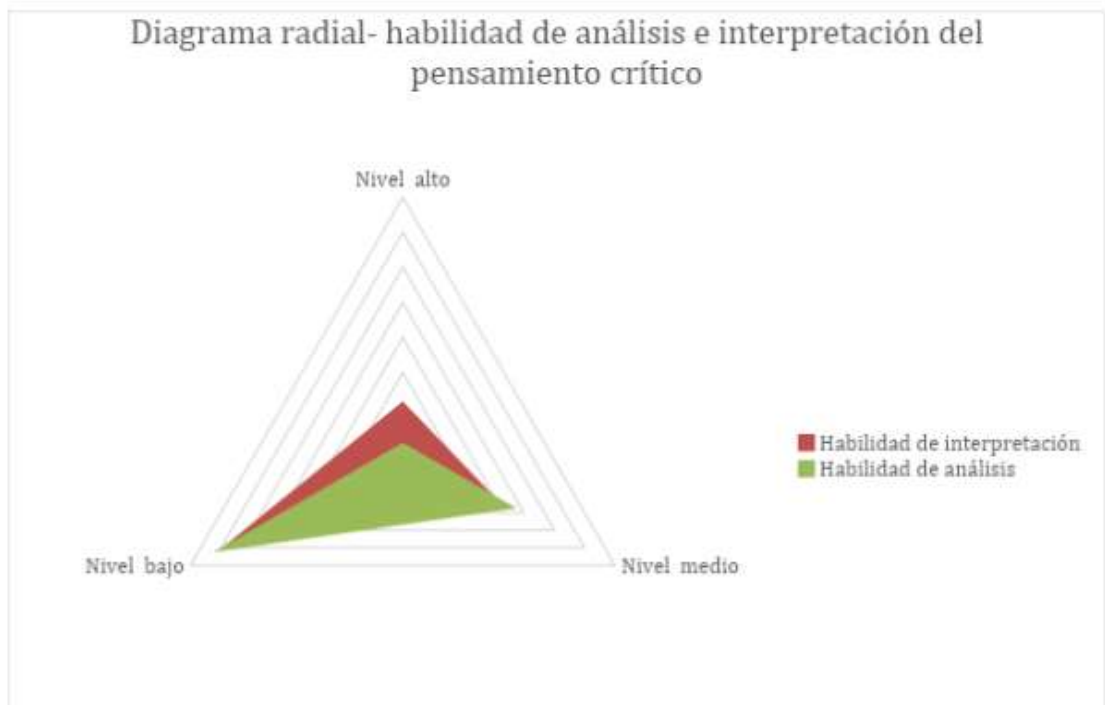
				categorización ni decodificación de significados por parte de los estudiantes
Número 3	Nanotecnología y nuevos desarrollos	5	La percepción que presentan los estudiantes sobre el uso de estructuras nanométricas en las ciencias se direcciona hacia las aplicaciones a la física, química y biología.	
	Aplicaciones a la física, química y biología	11		
	Investigación y desarrollo de nuevas tecnologías	6		
	Aplicación en la medicina	5		
Número 4	Virus, glóbulos rojos, ADN, bacterias, átomos, cabello hormiga	2	Al asociar tamaños nanométricos la tendencia de los estudiantes presenta una asociación adecuada.	
	Átomos, ADN, virus, glóbulos rojos, bacterias, cabello, hormiga.	2		
	Átomos, ADN, virus, glóbulos rojos, cabello, hormiga.	7		

Si bien el instrumento permitió dilucidar las ideas previas de los estudiantes frente a los conceptos disciplinares de la secuencia de actividades, también permitió realizar una caracterización preliminar sobre las habilidades de pensamiento crítico, análisis e interpretación de problemas. Teniendo en cuenta los criterios de análisis establecidos y la información presentada por los estudiantes se establecieron los siguientes códigos de análisis cualitativo para caracterizar las habilidades de interpretación y análisis del pensamiento crítico.

Tabla 13. *Criterios de análisis de los códigos para la caracterización de las habilidades.*

HABILIDAD	CÓDIGO DE ANÁLISIS	CRITERIO DE ANÁLISIS
Interpretación	Nivel bajo	No presenta la información en categorías que permitan su comprensión
	Nivel medio	Identifica alguna característica de la información para comprenderla mejor
	Nivel alto	Organizan la información en categorías o tablas apropiadas para comprenderla y describirla mejor.
Análisis	Nivel bajo	No incorpora información del texto para apoyar o refutar sus razones
	Nivel medio	Usa alguna información del texto para apoyar afirmaciones
	Nivel alto	Dado un conjunto de textos, datos, gráficas determina razones para apoyar o refutar declaraciones

De acuerdo a lo anterior se establecieron 6 códigos de análisis para las habilidades del pensamiento crítico, los cuales fueron percibidos en el discurso de los estudiantes presentándose una segmentación de 35 veces, lo que permitió caracterizar las habilidades de los estudiantes, esto se puede evidenciar de forma estadística en la **Gráfica 5** diagrama radial



Gráfica 5. *Diagrama radial de habilidad de análisis e interpretación del pensamiento crítico.*

Lo cual nos permite hacer una caracterización preliminar hacia una tendencia del grupo intervenido inclinado hacia un nivel bajo de habilidad de interpretación y análisis del pensamiento crítico, este bajo nivel se puede identificar al analizar una baja capacidad para analizar los textos, las imágenes, los datos y las gráficas presentadas a los estudiantes en el instrumento inicial, Elder & Paul (2003) mencionan que algunos signos comunes que se pueden reconocer en los bajos niveles de la habilidad de análisis de pensamiento crítico incluyen dificultad para identificar y evaluar argumentos

Se pueden evidenciar respuestas tales como:

...” el espectro comparte algunas similitudes con los demás espectros” ...

.... “hay corrimientos en las bandas posiblemente por la interferencia”

...” nanómetro es aquella medida a micro escala que nos contribuye a una medición de aquellas cosas que no podemos ver con el ojo humano”...

Que permiten percibir la incapacidad para reconocer sesgos y suposiciones, dificultad para sacar conclusiones lógicas basadas en evidencias, falta de atención a los detalles, dificultad para organizar y sintetizar información, y dificultad para identificar y resolver problemas.

Por otro lado, para la capacidad de interpretación baja puede exhibir varios signos, que incluyen dificultad para comprender y explicar ideas complejas. Por ejemplo, para la pregunta uno que solicitaba a los estudiantes mencionar razones de las categorías establecidas se encontraron respuestas tales como:

....”Por que en las imágenes se observa contaminación ambiental realizado por fábricas, humo o residuos”....

....”se evidencia lo que ocurre tras el impacto ambiental”....

.....”en este caso se puede evidenciar que los animales acuáticos son los principales afectados por los metales pesados son los principales afectados por los metales pesados por culpa del mal tratamiento de las aguas residuales”.....

Evidencia dificultad para conectar diferentes ideas o conceptos, y dificultad para dar sentido a la información presentada en diferentes formas, como texto, gráficos o gráficos. Además, de carecer de creatividad, tener problemas para reconocer diferentes perspectivas, dificultad para sacar conclusiones a partir de los argumentos presentados.

8.2.2. Análisis y caracterización de la entrevista

El instrumento de la entrevista se estructuró para realizar la caracterización de las habilidades mediante un análisis cualitativo a través del abordaje de una problemática asociada a la contaminación por mercurio en una población bogotana, este análisis se realizó mediante el procedimiento de codificación del mediante el programa MAXQDA descrito en la sección 6.7.1 y teniendo en cuenta los criterios de análisis para el desarrollo del pensamiento crítico 1.

El análisis de este instrumento se expresó en la **tabla 14** para la habilidad de interpretación y **la tabla 15** para la habilidad de análisis.

Tabla 14. *Análisis habilidad de interpretación – entrevista.*

HABILIDAD DE INTERPRETACIÓN /ENTREVISTA			
NÚMERO DE PREGUNTA	CÓDIGOS	SEGMENTOS RECONOCIDOS	ANÁLISIS
Pregunta 1	Consumo de mercurio	1	Los resultados muestran que en las respuestas de los estudiantes prevalece el código de que el mercurio es tóxico para la salud de los seres vivos, respuesta que muestra que los estudiantes no reconocieron la situación problema presentada que giraba en torno a la intoxicación de la población de Bogotá que se encontraba soportada con datos estadísticos tales como la tabla y gráfica presentadas en el abordaje de las problemáticas. Percibiendo que los estudiantes no identifican y describen los diversos significados expresados en diferentes sistemas de comunicación, como el lenguaje, el comportamiento social, las imágenes, los gráficos y los símbolos, fundamentales en
	El mercurio se bioacumula	3	
	Intoxicación en la población bogotana	2	
	Contaminación a los medios acuáticos y terrestres	3	
	Mercurio tóxico para la salud de los seres vivos	9	
	Normatividad permitida del mercurio	2	
	Presencia de mercurio en la orina	2	
	Presencia de mercurio en la sangre	2	
	Consumo de pescado causante de la intoxicación	1	
	25		

			el pensamiento crítico, específicamente en la habilidad de interpretación.
Pregunta 2	Incentivar a la población	1	En esta pregunta el código que prevalece es el que da cuenta que la intención de los investigadores en la situación problema era informar a la población la problemática del mercurio por cual se percibe en 8 segmentos del discurso de los estudiantes lo que permite evidenciar que se presenta una interpretación adecuada de la información presentada también se reconocen otras intenciones de la problemática interpretadas por los estudiantes como la problemática como los ODS: la contaminación de alimentos por mercurio, situación la problemática en el contexto de la población bogotana, mostrar estadísticas de
	Informar sobre la intoxicación en la población bogotana	3	
	Alimentos contaminados	5	
	Analizar trazas de mercurio con la norma	1	
	Determinar la población de mercurio en una población	2	
	Presentar los medios de propagación del mercurio	2	
	Mostrar las estadísticas frente a la intoxicación	3	
	Informar la problemática del Mercurio	8	

			concentración de mercurio en la sangre.
Pregunta 5	Difícil de metabolizar	1	De acuerdo a los criterios de análisis con esta pregunta se pretendía examinar la capacidad de los estudiantes para analizar y comprender el significado de la información proporcionada, por lo general, la evaluación de esta habilidad implica presentar a las personas escenarios, textos o argumentos para medir su capacidad de pensar críticamente e interpretar la información de manera efectiva en diversas circunstancias, teniendo en cuenta sus conocimientos previos, por eso se puede vislumbrar una idea más acertada a la definición de la oración subrayada, debido a que la muestra de estudiantes estaba formada por estudiantes de licenciatura en química y afines que han tenido un acercamiento a estos conceptos.
	Transporte de nutrientes	1	
	Población afectada	1	
	Aumento de la concentración	3	
	Adsorción de mercurio por vía digestiva	1	
	Asimilación en el organismo	2	
	Incorporación del mercurio en los seres vivos	1	
	Incorporación a la cadena trófica	6	
	Acumulación en los organismos vivos	5	

			<p>Los códigos de análisis presentados en el diagrama permiten evidenciar un conocimiento previo más a fin con la problemática, por eso la tendencia estadística muestra mayores segmentos en los códigos: incorporación a la cadena trófica, acumulación en los organismos, aumento de la concentración, asimilación en los organismos como se evidencia en la gráfica 8</p>
--	--	--	---

Tabla 14. *Análisis habilidad de interpretación – entrevista.*

HABILIDAD DE ANÁLISIS /ENTREVISTA					
NÚMERO DE PREGUNTA	CÓDIGOS	SEGMENTOS RECONOCIDOS	CÓDIGOS	SEGMENTOS RECONOCIDOS	ANÁLISIS
Pregunta 3 Y 4	Pregunta 3		Pregunta 4		Los resultados muestran que en las respuestas de los estudiantes prevalece el código de intoxicación por mercurio y sus causas para la pregunta 3 y para la pregunta 4 el código de estadísticas de concentración, tendencias que muestra que los estudiantes analizan de manera deficiente la información de las tablas y gráficos, información relevante del texto percibiendo la falta de la habilidad de análisis del pensamiento crítico que Facciones (2011) define como un conjunto de declaraciones, descripciones, preguntas o representaciones gráficas, esta habilidad implica determinar si el conjunto expresa una razón o razones para
	Definición del mercurio	1	Toxicidad del mercurio	1	
	Trascendencia en la cadena alimenticia	4	Frecuencia de consumo	1	
	Riesgos a la salud	1			
	Impacto ambiental	3	Concentración en la población analizada	1	
	Normatividad	3	Concentraciones establecidas por la OMS	2	
	Daños y consecuencias de la contaminación del mercurio	2			
	Resultados obtenidos	3	Estadísticas de concentración	7	
	Población analizada	5			
	Datos de intoxicación	5	Estadísticas de tiempo	4	
	La intoxicación por mercurio y sus causas	6	Información relevante	2	

					apoyar refutar una declaración, opinión o punto de vista en particular.
Pregunta 6	Consumo de pescado en relación a la concentración		1		Esta pregunta número 6 se estructuró con el fin de identificar la conclusión que obtienen los estudiantes a partir del análisis de la problemática presentada, para esta pregunta se establecieron 9 códigos de análisis, mediante el cual se identificaron 19 segmentos, que permiten dilucidar que como conclusión los estudiantes determinan que el mercurio tiene consecuencias a la salud y en la población bogotana se registran trazas de mercurio dilucidando que en cierta medida se percibe un análisis de la información
	Presencia de mercurio en la población bogotana		3		
	Mejorar el manejo de residuos		1		
	Afectaciones a la salud del mercurio		7		
	Promover campañas para la remoción de mercurio		1		
	Divulgación de la contaminación de mercurio		2		
	Recursos hídricos contaminados		2		
	Los censos permiten conocer las problemáticas		1		
	La minería contribuye a la contaminación por mercurio		1		
Pregunta 7 Y 8	Pregunta 7		Pregunta 8		Las preguntas 7 y 8 se estructuraron para poder percibir la capacidad de analizar los argumentos de los estudiantes consideraron válidos para estructurar campañas contra la remoción de
	Impacto ambiental	1	Reducir los desechos con mercurio	2	
	Intoxicación masiva	1			
	Concientización de la población	1			
	Tratamiento de aguas residuales	1	Realizar monitoreos	1	

	Riesgo de contaminación en los alimentos	5	periódicos antes de un estado de alerta		mercurio y los argumentos necesarios para implementar estado de alerta en una población, para estas preguntas mediante el programa MAXQDA se establecieron 9 códigos de análisis para la pregunta 7 y 8 códigos análisis para la pregunta 8 y partir de estos códigos de análisis, se reconocieron 19 segmentos de análisis en la pregunta 7 con unas tendencias a asociar los argumentos necesarios para empezar una campaña contra la remoción del mercurio debido a los problemas a la salud y los riesgos ambientales que este ocasiona como se puede evidenciar en la gráfica 13 y para la pregunta 8 se identificaron 17 segmentos los muestran que los estudiantes detectan y analizan argumentos en los textos
	Los límites permitidos de mercurio	2			
	Problemas de salud en los habitantes de Bogotá	5	Otros alimentos contaminados	1	
	Aumento de la concentración de mercurio en aguas	1	Presencia del mercurio en el recurso hídrico	3	
	Los resultados de la intoxicación en sangre, orina y cabello	2	Contaminación de alimentos	6	
Daños a la salud por mercurio			4		

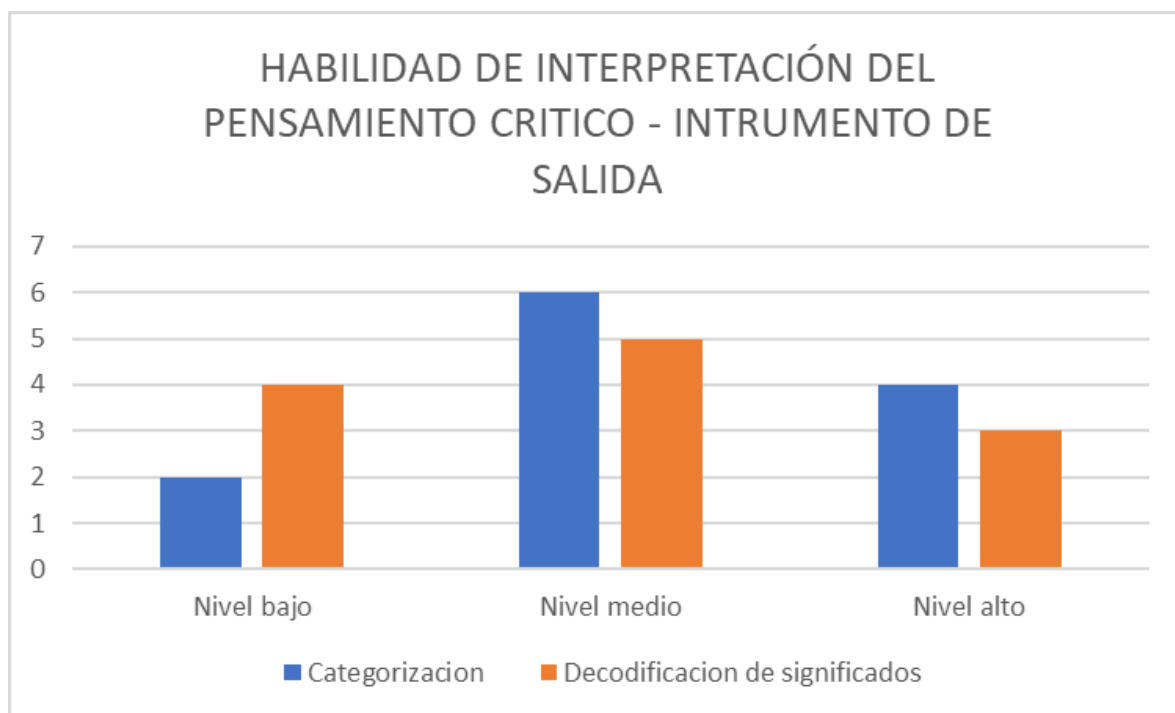
8.2.3. Análisis Instrumento Final

A partir de la recolección y análisis de datos se estableció una base de información para estructurar el instrumento final de acuerdo al diseño exploratorio secuencial comparativo, con este instrumento se caracterizó la habilidad de análisis de interpretación y análisis del pensamiento crítico, mediante el análisis de los datos recolectados se estructuraron rúbricas de análisis para la habilidad de análisis y la habilidad de interpretación del pensamiento crítico mediante cuestiones socioambientales relacionadas con la adsorción de Hg sobre Fe_2O_3 - nano soportadas en matriz biopolimérica y a su vez también para verificar la validez o la pertinencia de una implementación de una secuencia didáctica para acercar a los estudiantes a la nanotecnología como una nueva perspectiva de investigación.

La rúbrica de evaluación 1. permitió caracterizar habilidad de interpretación del pensamiento crítico para lo cual se estableció una puntuación de cero a cinco el nivel bajo, siendo cero (0) la puntuación más baja, tres (3) la intermedia y cinco (5) la puntuación más alta, teniendo en cuenta la puntuación de cada sub-habilidad se establecieron por los investigadores unos convenios que consistían en: para la sub-habilidad de categorización teniendo en cuenta que la puntuación más alta que puede tener un estudiante es 20, se otorga al nivel bajo de 0 a 7; al nivel medio de 8 a 14 puntos y el nivel alto de 15 a 20 y para la sub-habilidad decodificar significados teniendo en cuenta que la puntuación más alta que puede tener un estudiantes es 10, se otorga al nivel bajo de 0 a 3; al nivel medio de 4 a 8 puntos y el nivel alto de 9 a 10 lo que permitió ver estadísticamente como se evidencia en la gráfica 15

HABILIDAD	SUB-HABILIDAD	INDICADORES	CRITERIOS	PUNTUACIÓN	Estudiantes															
					1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12				
Interpretación	Categoriza	Jerarquía conceptual	No formula categorías ni estructuras jerárquicas en el desarrollo del mapa conceptual.	0						x										
			El mapa conceptual presenta una estructura jerárquica y categóricas en algunos conceptos.	3		x	x	x				x	x	x					x	
			El mapa conceptual presenta una estructura jerárquica y categórica.	5	x						X					x	x			
		Coherencia	El mapa conceptual carece de coherencia apropiada para hacer distinciones jerárquicas	0								x								
			Presenta coherencia en algunas secciones del mapa conceptual.	3		x	x	x	x					x						x
			La coherencia sobresale en todos los vínculos realizados.	5	x							X				x	x	x		
		Diseño	No se evidencia una clara rotulación de las líneas entre los conceptos.	0			x			x										
			Establece una buena rotulación solo en algunas líneas, pero la distribución espacial es deficiente.	3	x	x							x	x	x	x				x
			Establece rotulación clara en la mayoría de los conceptos con buena distribución espacial.	5				x		X										x
		Proposiciones	No presenta relación entre conceptos y conectores.	0									x							
			Solo en algunos casos se evidencia la relación entre conceptos y conectores.	3	x	x	x	x	X					x	x					x
			Presenta una clara relación entre conceptos y conectores.	5									x				x	x		
	Puntaje total					16	12	9	14	6	20	6	12	14	18	20	12			
	Decodifica significados	Determina la fase final e inicial	No ubica ni la fase inicial ni la final.	0		x		X								x	x			
			Ubica la fase inicial o la fase final, pero no ambas.	3	x		x							x	x					
			Ubica la fase inicial como la final.	5						x	x	x								x
		Determina las fases intermedias	No organiza coherentemente las fases intermedias.	0				x									x	x		
			Organiza parcialmente algunas fases intermedias.	3	x	x	x			x				x	x					
			Organiza completa o casi completamente las fases intermedias.	5								x	x							x
	Puntaje total					6	3	6	0	8	10	10	6	6	0	3	10			

Rubrica 1. Evaluación instrumento final- habilidad de interpretación.



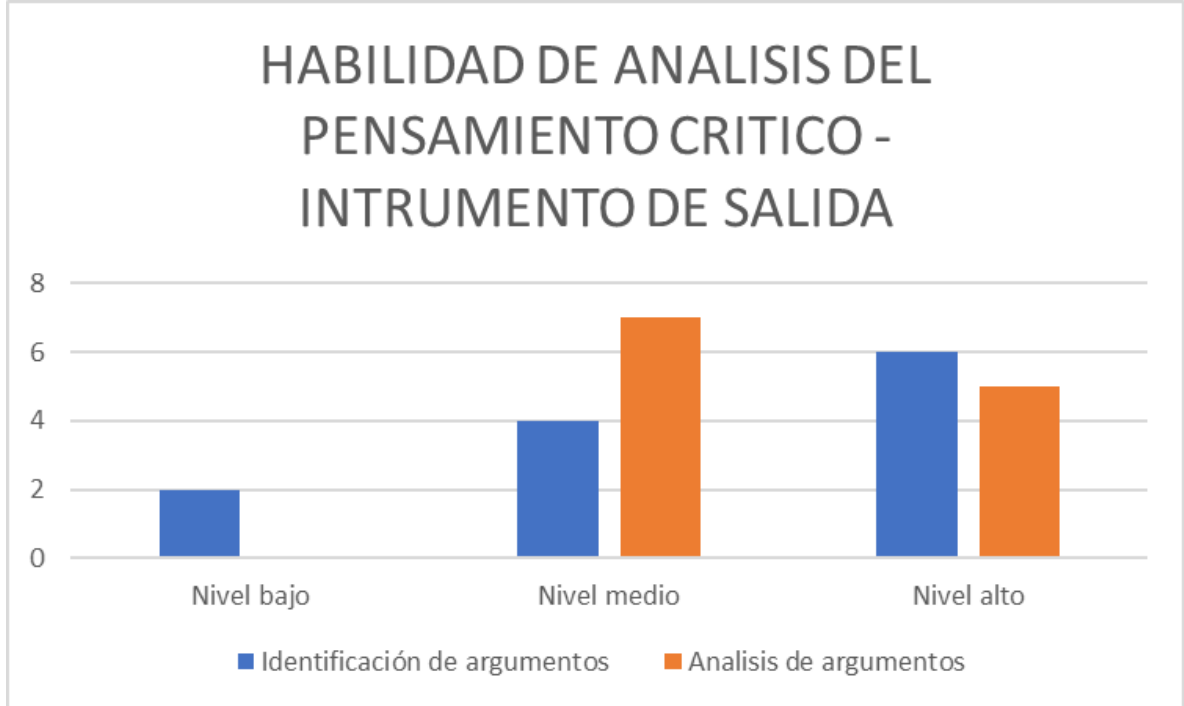
Gráfica 6. *Habilidad de interpretación del pensamiento crítico- instrumento de salida.*

Al observar **la gráfica 6.** se puede evidenciar una concentración mayor de estudiantes en niveles medios y altos; esto se puede constatar a través de varios indicadores como un mayor dominio de la comprensión e interpretación de las tablas, gráficas y textos, debido a que los estudiantes pudieron captar con precisión las ideas principales, los matices de la información otro indicador es la comprensión contextual, debido a que se evidencia que los estudiantes pueden interpretar la información dentro de su contexto más amplio mediante la identificación de conocimientos previos relevantes, referencias culturales e implicaciones históricas o sociales.

La rúbrica de evaluación de la **Rúbrica 2** permitió caracterizar habilidad de análisis del pensamiento crítico para lo cual se estableció una puntuación de cero a cinco el nivel bajo, siendo cero (0) la puntuación más baja, tres (3) la intermedia y cinco (5) la puntuación más alta, teniendo en cuenta la puntuación de cada sub-habilidad se establecieron por los investigadores unos convenios que consistían para las sub-habilidades de identificación y análisis de argumentos teniendo en cuenta que las puntuación más alta para estas sub-habilidades es de 5, se otorga al nivel bajo 0; al nivel medio 3 puntos y el nivel alto de 5 lo que permitió ver estadísticamente como se evidencia en la gráfica 16

HABILIDAD	SUB-HABILIDAD	INDICADORES	CRITERIOS	PUNTUACIÓN	ESTUDIANTE														
					1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12			
Analizar	Identificar argumentos	Determinación de la intención de expresión	No determina la intención que expresa la gráfica, como del texto.	0		X				X									
			Determina la intención de expresión de la gráfica o el texto, pero no ambas.	3			X	X			X	X							
			Determina la intención de expresión de la gráfica como del texto.	5	X						X	X		X	X	X			
	Puntaje total					5	0	3	3	0	5	3	5	3	5	5	5		
	Analizar argumentos	Identifica la conclusión	Presenta dificultad en extraer premisas y razones de los argumentos expresados en un conjunto de premisas, gráficas, datos y descripciones.		0														
				Relaciona la estructura general del argumento o cadena de razonamiento prevista que se expresa a partir de un conjunto de expresiones	3	X	X		X	X		X					X	X	
				Determina la conclusión principal, las premisas y razones aducidas en apoyo de la principal conclusión o cualquier elemento contenido en el conjunto de expresiones que se examinan y que no pretenden ser tomado como parte del razonamiento que se expresa.	5			X				X	X	X	X				
	Puntaje total					3	3	5	3	3	5	3	5	5	5	3	3		

Rúbrica 2. Evaluación instrumento final- habilidad de interpretación.

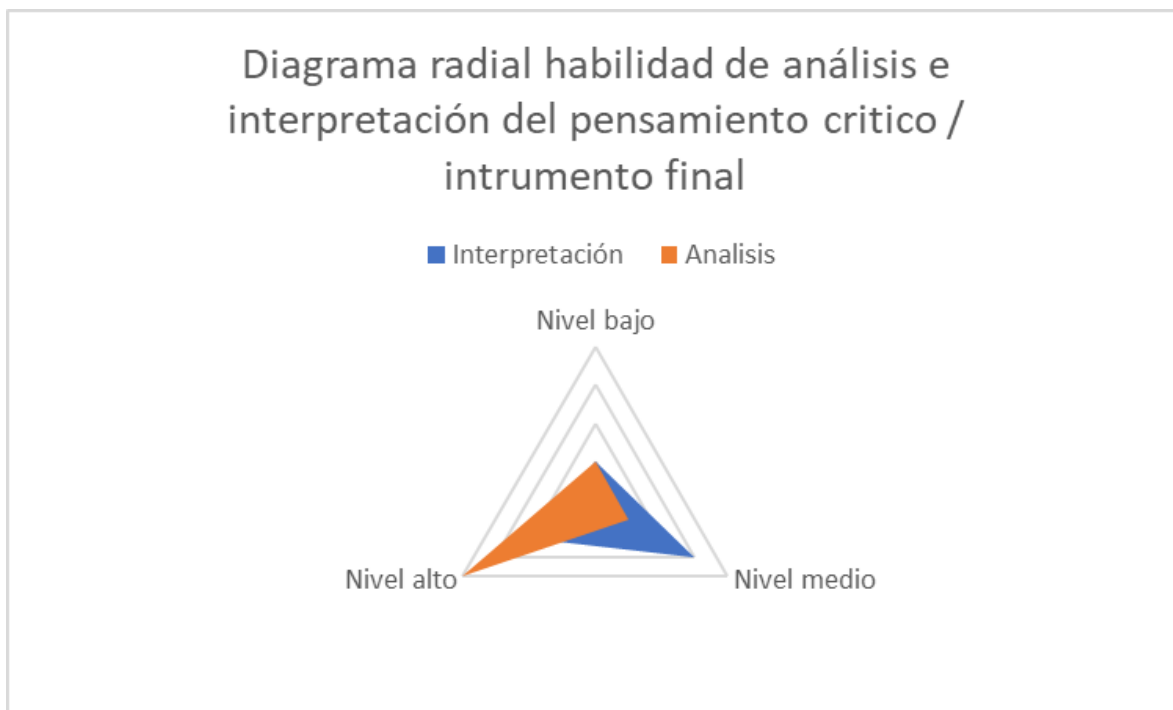


Gráfica 7. Habilidad de análisis del pensamiento crítico- instrumento de salida

Después de realizar el análisis de las sub- habilidad de analizar e interpretación del pensamiento crítico se realizó la sumatoria de puntos de cada habilidad y se establecieron consensos y procesos matemáticos para estandarizar los resultados a valores máximos de 5 puntos. Los resultados presentados en la tabla 15, nos permitió caracterizar tendencia de las habilidades como se expresa en la **gráfica 8.** diagrama radial, en donde se puede observar la orientación hacia los niveles intermedio y nivel alto

Tabla 15. Resultados de las habilidades de análisis e interpretación de datos.

Habilidad	0-2,49	2.5-3,5	3,5 -5
	Nivel bajo	Nivel medio	Nivel alto
Interpretación	2	6	4
Análisis	2	2	8



Gráfica 8. *Diagrama radial de habilidad de análisis e interpretación del pensamiento crítico – instrumento final.*

Al observar la gráfica 8. Diagrama radial en comparación con la gráfica 5. Diagrama radial inicial, se puede evidenciar el cambio en la caracterización inicial y final de los estudiantes desde un nivel medio bajo hacia un nivel media alto lo que permite dilucidar la promoción de habilidades mediante la secuencia de actividades aplicada evidenciándose una mayor competencia en el pensamiento crítico, la resolución efectiva de problemas, las sólidas y argumentadas respuestas, la competencia en el análisis de datos, la comunicación efectiva de los hallazgos y el compromiso con el aprendizaje continuo y la adaptabilidad. Se reconoce además que los estudiantes pueden evaluar información objetivamente, identificar sesgos, evaluar evidencia y hacer conexiones lógicas. Se destacan en los estudiantes la comunicación efectiva de ideas complejas y la dedicación al aprendizaje continuo, mostrando aún más el desarrollo de estas habilidades

Teniendo en cuenta los resultados experimentales como los obtenidos mediante la aplicación de la secuencia de actividad se puede argumentar, que para promover el desarrollo de las habilidades de pensamiento crítico, interpretación y análisis de problemas en un grupo de profesores en formación mediante la implementación de estrategias educativas y metodologías activas que fomenten la participación de los estudiantes, es pertinente la

implementación y utilización de un enfoque que involucre cuestiones químicas en contexto, que desafíen a los estudiantes a analizar e interpretar situaciones reales y a plantear soluciones fundamentadas en evidencia científica.

Además, la implementación de prácticas experimentales relacionadas con técnicas innovadoras como lo fue para esta investigación el uso de la nanotecnología para la remoción de mercurio que fue clave para para fomentar una motivación e interés particular en los estudiantes favoreciendo así el trabajo colaborativo y la discusión en grupo, la confrontación de ideas y puntos de vista, con el fin de mejorar sus habilidades críticas.

9. CONCLUSIONES

A continuación, se presentan las conclusiones por planos de análisis, para dar cuenta de los objetivos planteados:

La estructuración de la actividad experimental y su respectiva sistematización en términos de la Química en Contexto permitió un acercamiento a algunas técnicas de análisis químico y comprensión de conceptos afines a la nanotecnología en el grupo de participantes; en términos de la evaluación de promoción de habilidades de pensamiento crítico se pudo evidenciar los cambios significativos entre el prueba de entrada y el instrumento final, mayormente en la habilidad de análisis y menores cambio en la habilidad de interpretación, lo que da cuenta de un mayor avance en una de las habilidades con respecto a otra, permitiendo una caracterización más minuciosa de la promoción de las mismas en los estudiantes; estas habilidades se desarrollaron; mediante actividades que permitieron centrar al estudiante en un contexto de la vida real facilitando la exploración de conexiones interdisciplinarias, permitiéndoles ver la nanotecnología como un avance científico y tecnológico que hace parte integral de la vida cotidiana y alentándolos a pensar críticamente sobre sus aplicaciones e implicaciones.

A lo largo de la investigación, los estudiantes demostraron mejoras notables en su capacidad para pensar críticamente, analizar problemas e interpretar información compleja evidenciando a partir de la caracterización las habilidades de pensamiento crítico, interpretación y análisis de problemas lo que se puede evidenciar en los resultados de los instrumentos aplicados.

Por otro lado, la síntesis de las nanopartículas de hematita al usar el método de coprecipitación con sales de cloruro de hierro (II) y (III) en medio alcalino para su posterior calcinación a 500°C, fue adecuada gracias a su sencilla implementación en el laboratorio. Las NpHT fueron caracterizadas con la técnica de difracción de rayos X y espectrofotometría UV-vis, para confirmar su composición por medio del programa X'Pert HighScore Plus el cual arrojó una alta coincidencia para cristales de hematita, además de proporcionar una idea de tamaño de partícula por medio de la ecuación de Scherrer y el efecto de Resonancia de Plasmón Localizado Superficial, dando como resultado un tamaño de 32.7 nm y 198 nm.

Con las mediciones hechas con el FTIR, se analizaron las nanopartículas de hematita antes y después de ser funcionalizadas con L-ácido aspártico, mostrando claramente que las moléculas de este aminoácido están químicamente ligadas a la superficie de las nanopartículas. Dado que varias señales en el espectro de las NpHTf correspondiente a las señales de grupos carbonilo relacionadas con el ácido aspártico desaparecen, da indicios de que estos grupos por medio de esta técnica de funcionalización son los protagonistas al momento de producirse la quimisorción.

En la determinación de la capacidad de adsorción usando el modelo de Langmuir se dilucido un coeficiente (R^2) con valor de 0.996, indicando un mecanismo de adsorción de

monocapa. Adicionalmente, la capacidad de adsorción máxima obtenida, exhibe un valor de 0.027 mg/g. En la misma medida, al realizar una comparación de remoción de Hg (II) entre las nanopartículas sin funcionalizar con las funcionalizadas se encontró que la fijación de este contaminante aumenta en un 45% en las NpHT_f en contraste a las NpHT sin funcionalizar. En consecuencia, a lo anteriormente enunciado, al soportar las nanopartículas de hematita sobre las perlas de alginato mejora las propiedades de adsorción de este material al aumentar los sitios de adsorción.

Los resultados de esta investigación contribuyen al conocimiento sobre estrategias efectivas para desarrollar el pensamiento crítico y las habilidades analíticas en el contexto de la educación química. Estos resultados tienen implicaciones para los educadores, los desarrolladores de planes de estudios y los encargados de formular políticas, ya que brindan información valiosa sobre el diseño y la implementación de enfoques de instrucción que promueven el pensamiento crítico en la química.

BIBLIOGRAFÍA

- ❖ Almanza, J. L. F., García, C. E. R., Mendoza, E. C., Lobato, M. A. G., Sosa, J. S., & Sánchez, E. M. (2021). Nanoestructuras metálicas y su resonancia de plasmones superficial. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 5(6), 15274-15287.
- ❖ Arruga Valeri, E. (1979). El Club de Roma. *Revista de información de la Comisión Nacional Española de Cooperación con la UNESCO*.
- ❖ Bernal Sotelo, J. S., & Guevara Londoño, J. H. (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.
- ❖ Biosvert, J. (2004). La formación del pensamiento crítico. Teoría y práctica. En [Libro digital] Fondo de Cultura Económica. 1-86. Disponible: Obtenido de <https://vdocuments.mx/la-formacion-del-pensamiento-critico-de-jacques-boisvert.html> [Consulta: 2022, marzo 18]
- ❖ Bips, U., Elias, H., Hauroeder, M., Kleinhans, G., Pfeifer, S., & Wannowius, K. J. (1983). Lutidine buffers of very limited coordination power for the pH range 3-8. *Inorganic Chemistry*, 22(26), 3862-3865.
- ❖ Caamaño Ros, A. (2006). Retos del currículum de química en la educación secundaria. La selección y contextualización de los contenidos de química en los currículos de Inglaterra, Portugal, Francia y España. *Educación Química*, 17(4e), 195-208.
- ❖ Caamaño, A. (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.
- ❖ Chen, W., Lu, Z., Xiao, B., Gu, P., Yao, W., Xing, J., Asiri, A.M., Alamry, K.A., Wang, X., Wang, S., 2019. Enhanced removal of lead ions from aqueous solution by iron oxide nanomaterials with cobalt and nickel doping. *J. Clean. Prod.* 211, 1250–1258.
- ❖ Clavijo Diaz, A. (2002). Fundamentos de química analítica: Equilibrio iónico y análisis químico. Universidad Nacional de Colombia, Bogotá (Colombia).
- ❖ Creamer, M. (2011). ¿Qué es y por qué pensamiento crítico? *Curso de didáctica del pensamiento crítico*, 11-22.

- ❖ De Miguel, C. J., & Tavares, M. (2015). El desafío de la sostenibilidad ambiental en América Latina y el Caribe. Textos seleccionados 2012-2014.
- ❖ Díaz, G., & Ortiz, R. (2005). La entrevista cualitativa. Universidad Mesoamericana, 31, 2-31.
- ❖ Díaz, S. M., & Malagón Rojas, J. (2018). Evaluación del grado de contaminación por mercurio y otras sustancias tóxicas, y su afectación en la salud humana en las poblaciones de la cuenca del río Atrato, como consecuencia de las actividades de minería.
- ❖ Ekamilasari, E., & Pursitasari, I. D. (2021). Students' critical thinking skills and sustainability awareness in science learning for implementation education for sustainable development. Indonesian Journal of Multidisciplinary Research, 1(1), 121-124.
- ❖ Elder, L., & Paul, R. (1994). Critical thinking: Why we must transform our teaching. Journal of Developmental Education, 18(1), 34.
- ❖ Ennis, R. H. (1962). A concept of critical thinking. Harvard educational review.
- ❖ Ennis, R. H. (1996). Critical thinking dispositions: Their nature and assessability. Informal logic, 18(2).
- ❖ Facione, P. (1998). Critical thinking. L Leader Sh Ip, 104.
- ❖ Facione, P. A., Sanchez, C. A., Facione, N. C., & Gainen, J. (1995). The disposition toward critical thinking. The Journal of General Education, 44(1), 1-25.
- ❖ Facione, P. (2007). Pensamiento Crítico: ¿Qué es y por qué es importante?. Insight Assesment. Recuperado de <http://www.insightassessment.com>
- ❖ Facione, P. A. (1990). Executive Summary “The Delphi Report”, Critical Thinking: A statement of Expert Consensus for Purposes of Educational Assessment and Instruction. The California Academic Press
- ❖ Facione, P. A. (2011). Critical thinking: What it is and why it counts. Insight assessment, 1(1), 1-23.
- ❖ Fernández, K. C. (2013). Síntesis y Caracterización de Nanopartículas Magnéticas. México: CFATA-UNAM.

- ❖ Gilbert, J. K. (2006). On the nature of “context” in chemical education. *International journal of science education*, 28(9), 957-976.
- ❖ Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, P. (1996). *Metodología de la Investigación*. XXVI Mc. Graw Hill. Koenigsberger O.(1977). *Viviendas y edificios en zonas cálidas y tropicales*. Madrid, Paraninfo. Mazria E.(1983). *El libro de la energía solar pasiva*. Ed. G. Gili. México. Normas IRAM, 11601.
- ❖ Juntunen, M. K., & Aksela, M. K. (2014). Education for sustainable development in chemistry—challenges, possibilities and pedagogical models in Finland and elsewhere. *Chemistry Education Research and Practice*, 15(4), 488-500.
- ❖ Kim, H. J., Lee, J. M., Choi, J. H., Kim, D. H., Han, G. S., & Jung, H. S. (2021). Synthesis and adsorption properties of gelatin-conjugated hematite (α -Fe₂O₃) nanoparticles for lead removal from wastewater. *Journal of hazardous materials*, 416, 125696.
- ❖ King, A y Schneider, B. (1991). *La Primera Revolución Mundial. Informe del Consejo al Club de Roma*. (Libro en línea). Edit. Plaza y Janés.
- ❖ Mackay Castro, R., Franco Cortazar, D. E., & Villacis Pérez, P. W. (2018). El pensamiento crítico aplicado a la investigación. *Revista Universidad y Sociedad*, 10(1), 336-342.
- ❖ Martínez-Cabanás (2017). *New polymeric/inorganic hybrid sorbents based on red mud and nanosized magnetite for large scale applications in As (V) removal*. (Tesis Doctoral), 311, 117-125.
- ❖ Oliveira, J. (2003). *Estudio de la absorción de cobre Cu (II) por perlas de alginato*. (Tesis de pregrado). Universidad Nacional Mayor de San Marcos
- ❖ ONU. (2015). *Objetivos de Desarrollo Sostenible*. Naciones Unidas. <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/>
- ❖ Parchmann, I. (2009). *Chemie im Kontext: One approach to realize science standards in chemistry classes?*. *Educación química*, (2), 24-31.
- ❖ Paul, R. W. (1984). *Critical thinking: fundamental to education for a free society*. *Educational leadership*, 42(1), 4-14.

- ❖ Paul, R., & Elder, L. (2019). *The miniature guide to critical thinking concepts and tools*. Rowman & Littlefield.
- ❖ P.S. Subana, C. Manjunatha, B. Manmadha Rao, B. Venkateswarlu, G. Nagaraju, R. Suresh,. 2020. Surface functionalized magnetic α -Fe₂O₃ nanoparticles: Synthesis, characterization and Hg²⁺ ion removal in water, *Surfaces and Interfaces*, Volume 21, 2020, 100680, ISSN 2468-0230, <https://doi.org/10.1016/j.surfin>.
- ❖ Puig, B., Ageitos, N. (2021). Practicar el pensamiento crítico en contextos relevantes como el movimiento antivacunas [sesión de simposio]. XI Congreso Internacional sobre Investigación en la Didáctica de las Ciencias: Aportaciones de la educación científica para un mundo sostenible (pp. 1793-1796). Lisboa, Portugal.
- ❖ Químicos, P. P. (2005). *Evaluación mundial sobre el mercurio*. Programa Interorganismos Para Gest Racion Las Subst Quím IOMC Ginebra Suiza.
- ❖ Rädiker, S., & Kuckartz, U. (2021). *Análisis de datos cualitativos con MAXQDA: Texto, audio, video*. BoD–Books on Demand.
- ❖ Riaz, M. A., Nisa, Z. U., Anjum, M. S., Butt, H., Mehmood, A., Riaz, A., & Akhtar, A. B. T. (2020). Assessment of metals induced histopathological and gene expression changes in different organs of non-diabetic and diabetic rats. *Scientific Reports*, 10(1), 5897.
- ❖ Rodríguez-Cepeda, R., Casas-Mateus, J. A., & Martínez-Cárdenas, D. E. (2020). Laboratorio de química sobre contexto: entrada para o desenvolvimento de habilidades de pensamento crítico. *Tecné, Episteme y Didaxis: TED*, (47), 33-52.
- ❖ Rojas Bejarano, C. J. (2020) *Resonancia de plasmones superficiales localizados en nanopartículas de oro y plata*. (Tesis de pregrado). Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Bogotá, Colombia.
- ❖ Sepúlveda, P., Erto, A., Duarte, J. L. D. S., & Meili, L. (2021). *Fundamentals of Adsorption in Liquid Phase. Advanced Magnetic Adsorbents for Water Treatment: Fundamentals and New Perspectives*, 1-24.
- ❖ Sousa, M. H., Rubim, J. C., Sobrinho, P. G., & Tourinho, F. A. (2001). Biocompatible magnetic fluid precursors based on aspartic and glutamic acid modified maghemite nanostructures. *Journal of magnetism and magnetic materials*, 225(1-2), 67-72.
- ❖ Tari, D. K., & Rosana, D. (2019, June). Contextual teaching and learning to develop critical thinking and practical skills. In *Journal of Physics: Conference Series* (Vol.

1233, No. 1, p. 012102). IOP Publishing.

- ❖ Trujillo Herrera, W. V. (2013). Preparación y caracterización de nanopartículas de magnetita funcionalizados con ácido láurico, oleico y etilendiamino tetraacético para aplicaciones biomédicas y remediación ambiental.
- ❖ UNESCO. (2017). Educación para el Desarrollo Sostenible: Objetivos de Aprendizaje. Obtenido de UNESCO Web site: <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000252423>
- ❖ Varela, T. V., & Sutton, L. H. (2021). La codificación y categorización en la teoría fundamentada, un método para el análisis de los datos cualitativos. *Investigación en educación médica*, 10(40), 97-104.
- ❖ Weinberg, J., & Persistentes, O. (2007). Introducción a la Contaminación por Mercurio para las ONG. Red Internacional de Eliminación de los Contaminantes Orgánicos Persistentes (IPEN), 166.

ANEXO A



Universidad Pedagógica Nacional
Facultad de Ciencia y Tecnología
Maestría en Docencia de la Química
Rubrica de evaluación para validar instrumento final



A continuación, se encuentra una rubrica de evaluación que se basa en la asignación de puntos de 0 a 50, siendo 0 el de menor puntuación y 50 el de mayor puntuación para evaluar aspectos que son importantes para identificar la eficacia y pertinencia de un instrumento de ideas previas para la recolección de información de los estudiantes sobre sus concepciones de nanotecnología y contaminación por mercurio.

La investigación tiene como objetivo caracterizar el desarrollo de las habilidades de pensamiento crítico, interpretación y análisis de problemas de un grupo de profesores en formación al abordar cuestiones químicas en contexto relacionadas con la contaminación del agua con mercurio y su remoción con nanopartículas de hematita en matriz biopolimérica.

Aspecto	Criterio	comentarios	Puntos
Coherencia	Claridad en las preguntas y actividades, las cuales están formuladas desde un contexto socioambiental	Todas las actividades son coherentes.	50
Contenido	Las actividades y el contenido socioambiental están diseñados en pro de la caracterización de habilidades de análisis e interpretación del pensamiento crítico.	Es un documento muy completo y las actividades justifican el trabajo realizado.	50
Relevancia	Las actividades y contexto socioambiental permiten dar respuesta suficiente para el análisis de la información del trabajo de investigación	Total relevancia de las actividades para el trabajo de investigación	50
Redacción	Los enunciados gozan de buena redacción, ortografía y puntuación	Errores en la redacción y frases inconexas.	40
Diseño	El instrumento se torna atractivo para los estudiantes y no se muestra plano	Bien diseñado y coherente con los objetivos del trabajo.	45
Total puntos:			235

Nombre del director del trabajo de grado: Diego Alexander Blanco Martínez

Revisado por: Chonny Alexander Herrera Atevedo

Firma del revisor: _____



Rubrica de evaluación para validar instrumento de ideas previas

A continuación, se encuentra una rubrica de evaluación que se basa en la asignación de puntos de 0 a 50, siendo 0 el de menor puntuación y 50 el de mayor puntuación para evaluar aspectos que son importantes para identificar la eficacia y pertinencia de un instrumento de ideas previas para la recolección de información de los estudiantes sobre sus concepciones de nanotecnología y contaminación por mercurio.

La investigación tiene como objetivo caracterizar el desarrollo de las habilidades de pensamiento crítico, interpretación y análisis de problemas de un grupo de profesores en formación al abordar cuestiones químicas en contexto relacionadas con la contaminación del agua con mercurio y su remoción con nanopartículas de hematita en matriz biopolimérica.

Aspecto	Criterio	comentarios	Puntos
Coherencia	Claridad en las preguntas y actividades, las cuales están formuladas desde un contexto socioambiental	Actividades ideales para el trabajo propuesto	50
Contenido	Las actividades y el contenido socioambiental están diseñados en pro de la caracterización de habilidades de análisis e interpretación del pensamiento crítico.	La actividad del espectro infrarrojo no es clara como las otras desarrolladas en el instrumento.	45
Relevancia	Las actividades y contexto socioambiental permiten dar respuesta suficiente para el análisis de la información del trabajo de investigación	El instrumento da una muy buena aproximación a los conceptos iniciales del trabajo.	50
Redacción	Los enunciados gozan de buena redacción, ortografía y puntuación	Hay partes inconexas y algunos errores en la redacción.	45
Diseño	El instrumento se torna atractivo para los estudiantes y no se muestra plano	Las actividades son atractivas	50
Total puntos:			240

Nombre del director del trabajo de grado: Diego Alexander Blanco Martínez

Revisado por: Chonny Alexander Herrera Acevedo

Firma del revisor: _____

A continuación, se encuentra una rubrica de evaluación que se basa en la asignación de puntos de 0 a 50, siendo 0 el de menor puntuación y 50 el de mayor puntuación para evaluar aspectos que son importantes para identificar la eficacia y pertinencia de un instrumento de ideas previas para la recolección de información de los estudiantes sobre sus concepciones de nanotecnología y contaminación por mercurio.

La investigación tiene como objetivo caracterizar el desarrollo de las habilidades de pensamiento crítico, interpretación y análisis de problemas de un grupo de profesores en formación al abordar cuestiones químicas en contexto relacionadas con la contaminación del agua con mercurio y su remoción con nanopartículas de hematita en matriz biopolimérica.

Aspecto	Criterio	comentarios	Puntos
Coherencia	Claridad en las preguntas y actividades, las cuales están formuladas desde un contexto socioambiental	Las preguntas son claras y bien estructuradas.	50
Contenido	Las actividades y el contenido socioambiental están diseñados en pro de la caracterización de habilidades de análisis e interpretación del pensamiento crítico.	El contenido es coherente, permiten el análisis y la contextualización	50
Relevancia	Las actividades y contexto socioambiental permiten dar respuesta suficiente para el análisis de la información del trabajo de investigación	En el contexto del trabajo es muy relevante.	45
Redacción	Los enunciados gozan de buena redacción, ortografía y puntuación	Hay muchos errores de redacción, las frases son inconexas y hay muchas fallas en la forma de escribir.	30
Diseño	El instrumento se torna atractivo para los estudiantes y no se muestra plano	Son muchas preguntas, la gráfica de apoyo no es clara.	35
Total puntos:			210

Nombre del director del trabajo de grado: Diego Alexander Blanco Martínez

Revisado por: Chonny Alexander Herrera Acevedo

Firma del revisor: _____



Anexo B



UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA
NACIONAL

UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL
FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA
DEPARTAMENTO DE QUÍMICA
MAESTRÍA EN DOCENCIA DE LA QUÍMICA
IDEAS PREVIAS SITUACIÓN EN CONTEXTO

Pérez Giovanni & Pérez Valeria.

TRABAJO DE GRADO: *“Caracterización de habilidades de pensamiento crítico mediadas por cuestiones socioambientales relacionadas con la adsorción de Hg^{2+} sobre Fe_2O_3 -nano soportadas en matriz biopolimérica”*

NOMBRE: _____ FECHA: _____

OBJETIVO

Identificar las ideas previas del grupo participante del curso sobre *cuestiones socioambientales relacionadas con la adsorción de Hg^{2+} sobre Fe_2O_3 -nano soportadas en matriz biopolimérica.*

ACTIVIDAD

Categorías: son expresiones abstractas muy generales; tanto que podrían ser perceptibles en cualquier ser o sustancia o cosa. . En efecto, ellas son usadas como herramientas para descubrir determinadas regularidades del mundo material: así, todos los objetos -al menos todos los pertenecientes al mundo material- poseen determinadas propiedades. Por consecuencia, "propiedades" es una categoría posible de análisis del mundo material.

1. Cuál es la mejor manera de categorizar las imágenes a continuación. Complete la **tabla 1**.



1



2



3



4



5



6

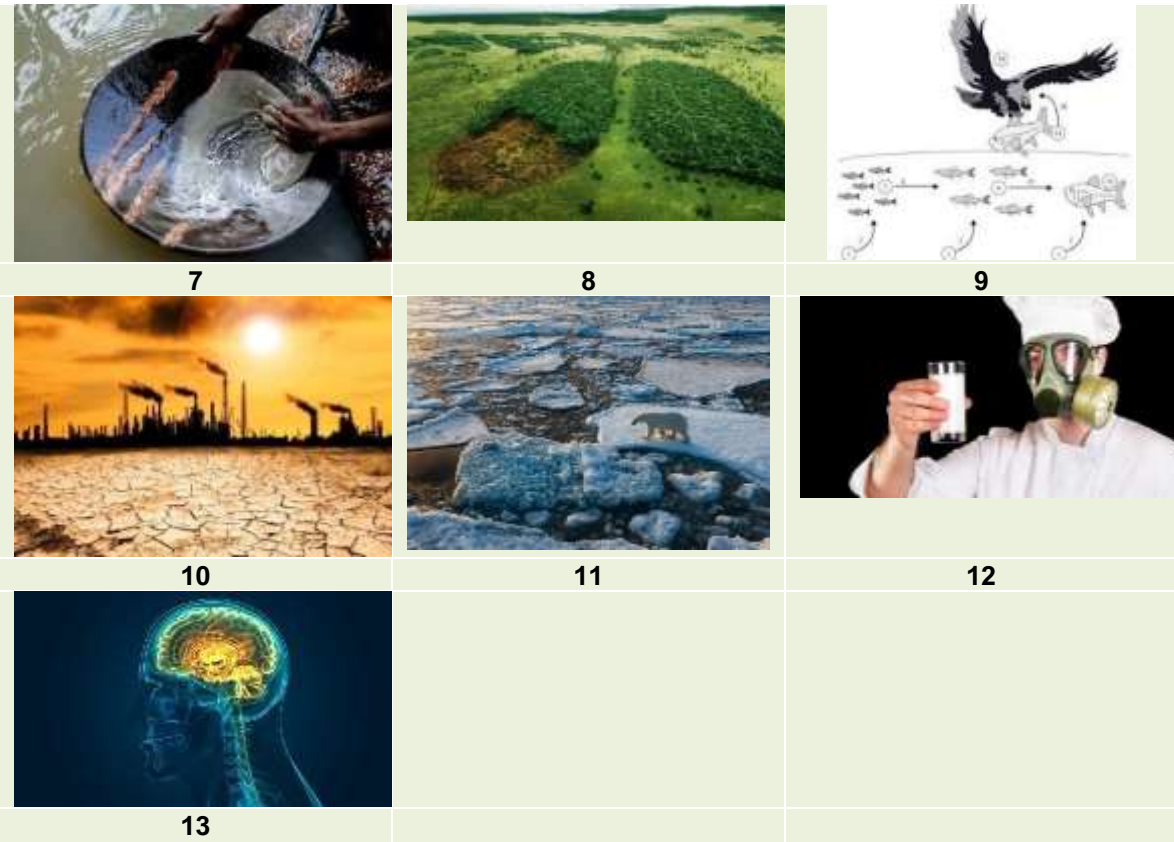


Tabla 1. Tabla de respuestas.

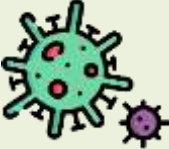






NOMBRE DE LA CATEGORÍA	NÚMERO DE LAS IMÁGENES	¿Mencione las razones del por qué realizó las agrupaciones?

2. A diferencia de la macro escala la microescala incluye objetos que no podemos ver con nuestros ojos a simple vista, para poder ver y medir los objetos a microescala necesitamos instrumentos especiales como microscopios y la unidad de referencia es el micrómetro $1 \mu\text{M}$

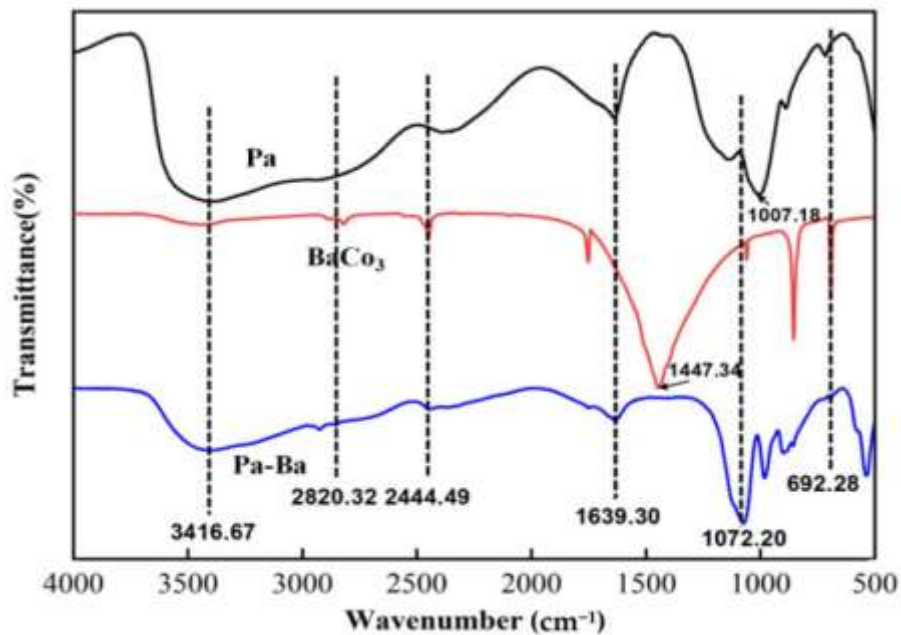
qué es la millonésima parte de un metro; actualmente se está desarrollando mediciones a nivel de nanoescala, por ejemplo, la molécula de azúcar mide 1 nanómetro nm que equivale a la milésima parte de un 1 μM .

Argumente de acuerdo al texto una definición del concepto de nanómetro como unidad de medida.

- ¿En qué área de las ciencias considera que se puede implementar el uso de estructuras nanométricas y cuál sería su función?
- Ordene según su tamaño de manera ascendente los siguientes objetos.

Virus	Glóbulos rojos	ADN	Bacterias	Átomo	Cabello	Hormiga
						

- Los espectros infrarrojos— FT-IR registran vibraciones de los enlaces moleculares al interactuar con la luz, basándose en el hecho de que la mayoría de las moléculas absorben la luz en la región infrarroja media en el espectro electromagnético. Registrando así el la absorbancia o el porcentaje de transmitancia en una longitud de onda específica para los diferentes grupos funcionales como se evidencia en la gráfica a continuación



Gráfica 1. FTIR-espectro de Pa, BaCO₃ y Pa-Ba. B tomado de (Wang, L. et al 2021)

Por ejemplo, podemos evidenciar una banda ancha a los 3416.67 (cm^{-1}) para el espectro negro correspondiente al polímero Pa o por ejemplo una señal aguda a los 1447.34 (cm^{-1}) para el espectro

rojo correspondiente al Ba CO₃ de acuerdo con lo anterior ¿cómo podría entender o asociar el comportamiento de la especie en azul correspondiente al compuesto Pa-Ba en relación a las demás especies?

Bibliografía

- Barite, M. (2015). LA NOCIÓN DE CATEGORÍA Y SUS IMPLICANCIAS EN LA CONSTRUCCION Y EVALUACION DE LENGUAJES DOCUMENTALES. *Mario Guido BARITE ROQUETA Escuela Universitaria de Bibliotecología Universidad de la República Oriental del Uruguay ABSTRACT.*
- Wang, L., Wei, Y., Deng, H., Lyu, R., Zhu, J., & Yang, Y. (2021). Synergistic flame retardant effect of barium phytate and intumescent flame retardant for epoxy resin. *Polymers, 13*(17), 2900.



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

Pérez Giovanni & Pérez Valeria.

TRABAJO DE GRADO: “Caracterización de las habilidades interpretación y de análisis de problemas en profesores en formación mediada por cuestiones químicas en contexto relacionadas con remoción de mercurio”

NOMBRE: _____ FECHA: _____

ENTREVISTA

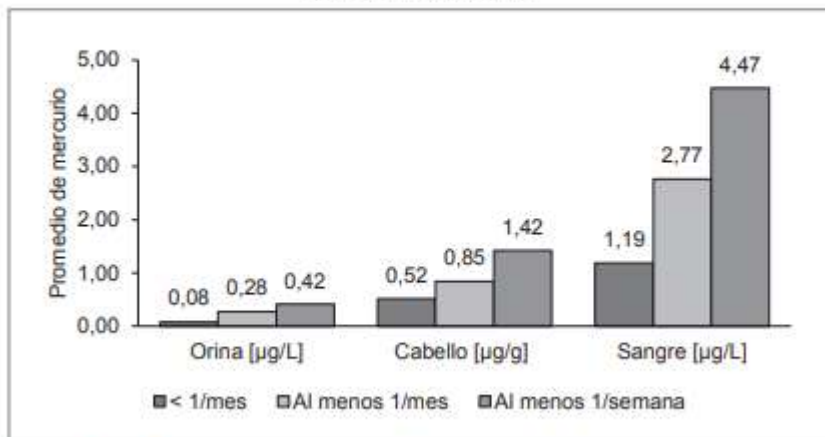
SITUACIÓN EN CONTEXTO

El mercurio (Hg) es uno de los metales pesados con mayor impacto sobre el medio ambiente por lo que se considera un contaminante global, su uso en la minería aurífera ha conllevado a la contaminación de diferentes esferas ambientales donde sufre diversas transformaciones, originando en algunos casos, graves intoxicaciones en la población afectaciones a los ambientes acuáticos y terrestres. El Hg se convierte en metilmercurio (MeHg), es más tóxico que el mercurio cero (Hg^0) y debido a la alta afinidad de este contaminante puede unirse con facilidad con los grupos sulfhidrilo de las proteínas lo que permite que sea rápidamente incorporado en la cadena alimentaria, bioacumulado en los organismos acuáticos, y biomagnificación de un nivel trófico a otro, lo que supone una amenaza potencial para la salud de los seres humanos, generando graves efectos toxicológicos.

Debido a lo anterior y demás factores y problemas relacionados con el mercurio la Organización Mundial de la Salud (OMS) ha establecido “niveles de referencia” de mercurio en población general: 20 $\mu g/L$ en orina, 10 $\mu g/L$ en sangre, y 2 $\mu g/g$ encabello (6); el CDC (Centro para el Control de Enfermedades de Atlanta) ha establecido para plomo en sangre: 10 $\mu g/dL$ en menores de 15 años, 38 $\mu g/dL$ en individuos de 15 años o más. En un estudio realizado a 384 individuos de la población bogotana se les tomaron muestra de orina, sangre y cabello y se analizaron en el laboratorio de mercurio total mediante el método EPA 7473 (mercurio en sólidos y soluciones por descomposición térmica, amalgamación y espectrofotometría de absorción atómica), Los procedimientos analíticos fueron estandarizados antes de analizar las muestras. (Osorio et. Al 2013)

Los resultados se encuentran en la tabla a continuación

Figura 1. Promedios de concentraciones de mercurio por biomarcador y consumo de pescado



Fuente: Hospital vista Hermosa

DE ACUERDO A LA SITUACIÓN PROBLEMA RESPONDA LAS SIGUIENTES PREGUNTAS ADAPTADAS DE (Facione, 2011)

- ¿Qué está sucediendo en el problema dado?
- ¿Cuál es la intención de los investigadores al realizar el estudio?
- ¿Qué información encuentra relevante para poder diseñar un flyer de divulgación de la problemática actual para la población bogotana?
- ¿Qué información puede extraer de las gráficas en relación con la información del texto?
- Podría con sus palabras definir la oración que se encuentra entre subrayada.
- ¿Cuál es su conclusión de la situación planteada?
- Qué argumento puede ser valido para empezar una campaña para la remoción del mercurio o reducción de las concentraciones de mercurio en Bogotá
- Los investigadores han decidido implementar un estado de alerta para el consumo de pescado. ¿Cuáles son sus argumentos para estar a favor o encontrar?

- Facione, P. A. (2011). Critical thinking: What it is and why it counts. Insight assessment, 2007(1), 1-23
- Osorio-García, S. D., Hernández-Florez, L. J., Sarmiento, R., González-Álvarez, Y. C., Perez-Castiblanco, D. M., Barbosa-Devia, M. Z., ... & Patiño-Reyes, N. (2014). Prevalencia de mercurio y plomo en población general de Bogotá 2012/2013. Revista de Salud Pública, 16, 621-628.

ANEXO E



UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA
NACIONAL

UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL
FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA
DEPARTAMENTO DE QUÍMICA
MAESTRÍA EN DOCENCIA DE LA QUÍMICA
INSTRUMENTO FINAL

Pérez Giovanni & Pérez Valeria.

TRABAJO DE GRADO: ***“Caracterización de habilidades de pensamiento crítico mediadas por cuestiones socioambientales relacionadas con la adsorción de Hg^{2+} sobre Fe_2O_3 -nanosoportadas en matriz biopolimérica”***

NOMBRE: _____ FECHA: _____

OBJETIVO

Caracterizar el desarrollo de las habilidades de pensamiento crítico, interpretación y análisis de problemas de un grupo de profesores en formación al abordar cuestiones químicas en contexto relacionadas con la contaminación del agua con mercurio y su remoción con nanopartículas de hematita en matriz biopolimérica.

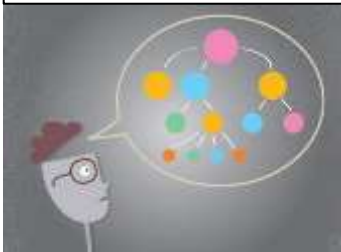
ACTIVIDAD

- Elabore un mapa conceptual utilizando los siguientes conceptos como guía y agregue los que usted considere pertinentes. (Interpretación: Categoriza)

Conceptos: Metales pesados, Adsorción, Mercurio, Nanotecnología, Nanopartículas, Nanocompuestos, Hematita, Magnetita, goethita, Óxidos de hierro, espectrofotometría IR- FTIR, Espectrofotometría Uv-vis, Microscopía de barrido electrónico, funcionalización Np, Técnicas de caracterización.

¿Qué es un mapa conceptual?

El objetivo de un mapa conceptual es representar vínculos entre distintos conceptos que adquieren la forma de proposiciones. Los conceptos suelen aparecer incluidos en círculos o cuadrados, mientras que las relaciones entre ellos se manifiestan con líneas, las líneas, por su parte, exhiben palabras asociadas que se encargan de describir la naturaleza del vínculo que une los conceptos.



- **El problema de la quebrada Marmato** (Interpretación: Decodifica significados)

Marmato es conocido por ser el yacimiento de oro más grande de Colombia, el cuál ha sido explotado durante décadas, como consecuencia de esto las fuentes de agua superficial, como consecuencia a esto las fuentes de agua superficial se han visto afectadas al verter en ellas cantidades pequeñas pero muy contaminantes de mercurio, el cual es utilizado para formar amalgamas metálicas con partículas de oro dispersas en el suelo y debido a su tamaño no pueden separarse utilizando un método mecánico. Teniendo en cuenta la resolución 631 de 2015, por la cual se establecen los parámetros y los valores límites en los vertimientos a cuerpos de agua, la concentración máxima permitida para el mercurio es de 0,002 ppm. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2015). Capítulo VI [Artículo 10]. Resolución 631 2015. DO: Diario Oficial No. 49.486 de 18 de abril de 2015.

Los pobladores de caldas han manifestado que ***"la quebrada Marmato cuando desemboca en el río Cauca está contaminándolo a niveles incalculables, por ende, el pescado que nos estamos comiendo desde Chirapoto hacia abajo está contaminado de mercurio y eso no lo controla nadie"***.

Esta situación motivó a estudiantes universitarios a desarrollar un material adsorbente capaz de remover el mercurio de la quebrada Marmato, con características magnéticas para facilitar su separación de la muestra de agua ya tratada. Ordene el desarrollo del proceso investigativo cronológicamente en la tabla 1.

- a) Realizar una prueba con muestras falseadas usando el nanocompuesto sintetizado.
- b) Diseñar una metodología experimental para sintetizar nanopartículas magnéticas.
- c) Realizar una prueba con una muestra de agua proveniente de la quebrada Marmato usando el material sintetizado.

- d) Comprobar que la nanopartícula magnética se funcionalizo con un el compuesto orgánico usando el equipo de FTIR.
- e) Funcionalizar la nanopartícula magnética con un compuesto orgánico.
- f) Determinar el tamaño de partícula aproximado teniendo en cuenta la resonancia del plasmón localizado de superficie.
- g) Realizar una revisión bibliométrica sobre tecnologías emergentes y materiales adsorbentes.
- h) Verificar que la concentración de mercurio en la cuenca baja de la quebrada Marmato supere los límites permisibles por la resolución 631 de 2015.

Tabla 1. Tabla de respuestas.

Orden cronológico	1°	2°	3°	4°	5°	6°	7°	8°
Pasos								

- Se realizó un estudio sobre materiales adsorbentes que fueran capaces de remover Arsénico (V), para el cual se usó lodo rojo (desecho producido en la refinación de aluminio) y magnetita (óxido de hierro). Una de las primeras variables a analizar en este tipo de estudios es el efecto del pH. Se observa que bajo condiciones oxidantes predominan las especies de As(V), en concreto $H_2AsO_4^-$ a pH ácido, y $HAsO_4^{2-}$ a pH básico. Además, a condiciones de pH extremos pueden aparecer otros dos compuestos, $H_3AsO_4^0$ a pH muy ácido, y AsO_4^{3-} a pH muy alcalino. Según su conocimiento en química ¿Qué intenta expresar la **figura 1**? Justifique su respuesta. (Análisis: Identificar argumentos)

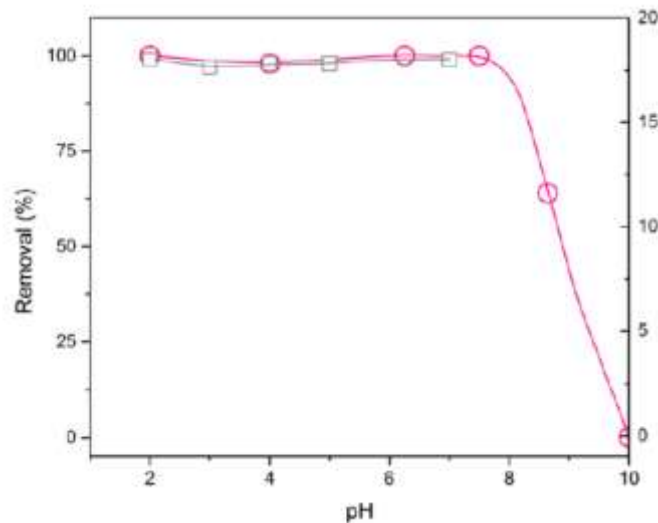


Figura 1. Efecto del pH en la adsorción de As (V) usando lodo rojo (círculos rosados) y magnetita (cuadrados grises). As (V) tenía una concentración inicial de 50 nnh (Martínez 2017)

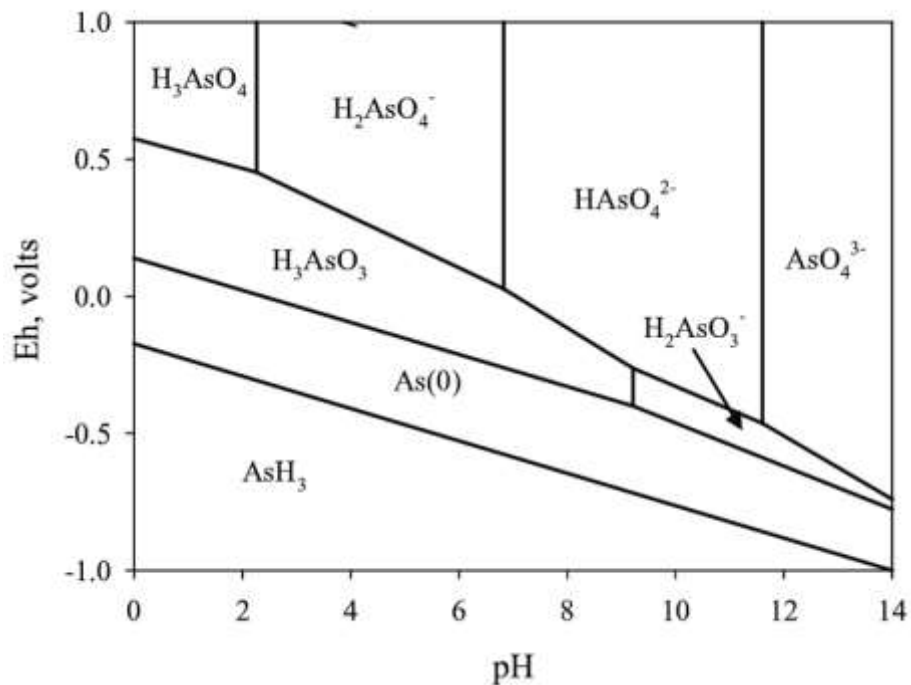


Figura 2. Diagrama de Pourbaix de As en agua. Panigatti, Cecilia & Meichtry, Jorge & De Seta, Elizabeth. (2018).

- Determine la conclusión principal, las premisas y argumentos, del siguiente texto. (Análisis: Analizar argumentos).

Síntesis de nanopartículas de hematita por el método de precipitación controlada

Autores: María de los Ángeles Berrones y Luis Lascano, 2009.

En este estudio se sintetizó y caracterizó óxido de hierro (III) de tamaño nanométrico por el método de precipitación controlada (MPC). El procesamiento tiene tres etapas: precipitación de precursores, lavado y calcinación. Primeramente, se efectuó un ensayo de valoración potenciométrica, y se construyó una curva de voltaje de la solución en función del pH, para encontrar el punto de equivalencia de la misma. Con estas variables se realizó la precipitación controlada, con cloruro férrico como precursor, e hidróxido de sodio como precipitante, en agitación constante y a pH 6. Se ensayaron diferentes tiempos de reacción: 1, 3 y 5 horas, los ensayos permitieron concluir que para 1 hora de reacción pueden producirse hematitas, para el ensayo de 5 horas se consigue la mayor cantidad de hematita. Los productos obtenidos de la reacción se llevaron a centrifugación para su separación, se secaron a 60 °C, y fueron calcinados durante dos horas a diferentes temperaturas a las temperaturas de 350, 400, 450 y 500 °C, durante dos horas.

Para caracterizar el producto obtenido en la síntesis, se utilizaron técnicas de DRX, FT-IR, MEB, EDS y dispersión de luz para conocer la distribución de tamaño de partícula. Las muestras con cinco horas de reacción y lavadas, sin calcar y calcinadas a 350 °C corresponden a ferrihidrita; a 400 °C se obtiene una mezcla de hematita y ferrihidrita; a temperaturas de 450 y 500 °C, logran producirse hematitas casi-esféricas con 2% de trazas de cloruro de sodio como impurezas persistentes aún después del proceso de lavado. Finalmente, se han encontrado nanopartículas de hasta 74 nm, al dispersar la muestra en agua, a pH 12, con 25 minutos de sonicación y 96 horas de tiempo de decantación.

- De acuerdo al espectro FTIR que se presenta a continuación ¿Cómo podemos asegurar que el aceite esencial de clavo (CEO) está encapsulado en las nanopartículas de quitosano?

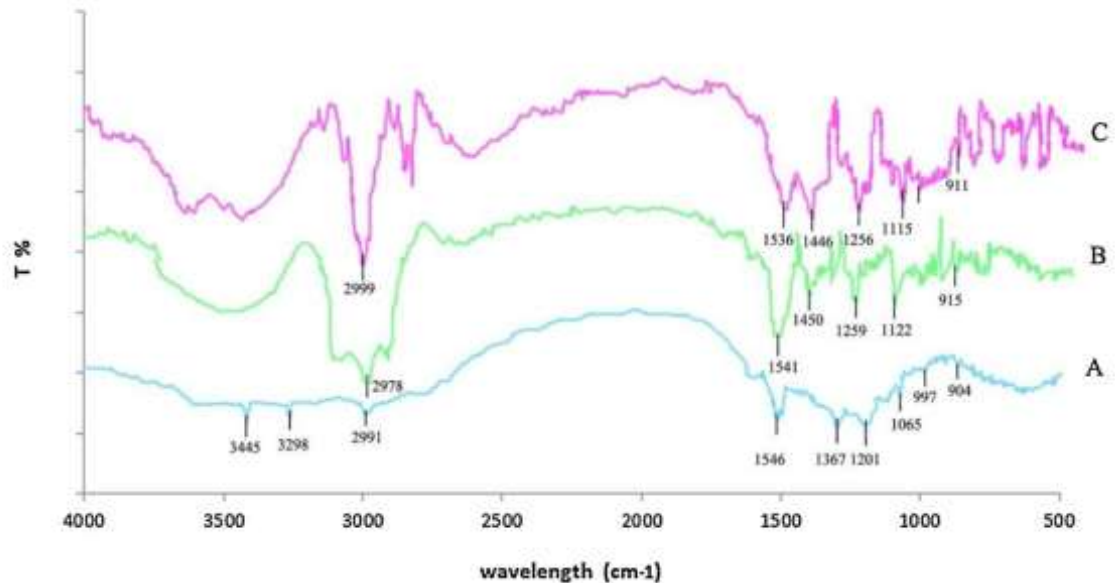


Figura 3. FTIR spectra of (A) chitosan nanoparticles; (B) CEO-loaded chitosan nanoparticles with chitosan/CEO and (C) CEO. (Hadidi M. et Al, 2020).

BIBLIOGRAFÍA

- Hadidi, M., Pouramin, S., Adinepour, F., Haghani, S., & Jafari, S. M. (2020). Chitosan nanoparticles loaded with clove essential oil: Characterization, antioxidant and antibacterial activities. *Carbohydrate polymers*, 236, 116075.
- Panigatti, Cecilia & Meichtry, Jorge & De Seta, Elizabeth. (2018). Distribución, determinación y remoción de arsénico en agua libro.

ANEXO F



UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL
FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA
DEPARTAMENTO DE QUÍMICA
MAESTRÍA EN DOCENCIA DE LA QUÍMICA
CONSENTIMIENTO INFORMADO

Bogotá D.C., 01 de febrero del 2023

Mediante la firma de este documento, Yo _____ identificado con C.C. _____ y código estudiantil _____ doy mi consentimiento para participar en el trabajo de grado de investigación titulado, "**Caracterización de habilidades de pensamiento crítico mediadas por cuestiones socioambientales relacionadas con la adsorción de Hg^{2+} sobre Fe_2O_3 -nano soportadas en matriz biopolimérica**", implementado por los estudiantes, Pérez Giovanni y Pérez Nahar Valeria, con C.C. 1020763137 y 1031158891 respectivamente. Estoy consciente que la información suministrada será analizada con fines académicos para el trabajo mencionado.

Firma del estudiante