

**SECUENCIA DE ENSEÑANZA-APRENDIZAJE RELACIONADA CON LA SINTESIS
Y USO DE NANO-PARTÍCULAS MAGNÉTICAS DE HIERRO PARA FOMENTAR EL
ESTABLECIMIENTO DE RELACIONES CTSA EN EL CAMPO DE INVESTIGACIÓN
DE LA NANOTECNOLOGÍA.**

DANIEL ALEXÁNDER RUBIANO ARÉVALO

**Trabajo de Grado para optar el Título de:
Licenciado en Química**

Director: DIEGO ALEXÁNDER BLANCO MARTÍNEZ

Magister en Química

Codirector: JUAN CARLOS MORENO PIRAJÁN

Doctor en Ciencias-Química

UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL

FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA

DEPARTAMENTO EN QUÍMICA

LICENCIATURA EN QUÍMICA

BOGOTÁ D.C, I- 2014

NOTA DE ACEPTACIÓN

DIRECTOR

CODIRECTOR

EVALUADORES

DEDICATORIA

Este trabajo es dedicado a mi familia, ellos han hecho posible la realización de este proyecto. No solo la realización de esta investigación, sino también la culminación de este ciclo inicial de mi formación, y más aún, por lo que de estos seres han hecho por mí desde los primeros instantes de mi vida. Solo sé que todo el esfuerzo hecho por estas maravillosas personas se verá recompensado con la propia satisfacción de haber hecho actos tan nobles para que se me permitiese alcanzar tan anhelados logros.

Daniel A. Rubiano A.

“Inteligencia es la habilidad de adaptarse a los cambios”

Stephen Hawking

“Comienza a manifestarse la madurez cuando sentimos que nuestra preocupación es mayor por los demás que por nosotros mismos”

Albert Einstein

AGRADECIMIENTOS

El autor de esta tesis de grado agradece a:

A mis queridos padres que han dado todo de sí para que sus hijos logren ser alguien en la vida, el esfuerzo incesante de mi querido padre Julián Antonio Rubiano Caro que ha luchado por nuestro bienestar desde sus mejores años hasta la admirable y sabia vejes. A mi querida madre Ligia Aurora Arévalo Contreras por su dedicación y amor infinito, pasando por encima del sacrificio y las necesidades. Ellos formaron de mí la persona íntegra que estos desearon que fuera, cada uno con su sabia instrucción llevándome por el buen camino del conocimiento.

A mis queridos hermanos Oscar Javier Rubiano Arévalo y Nelson Julián Rubiano por su ejemplo como seres brillantes, prudentes y perseverantes. Por sus buenos ejemplos respecto a lo académico y la vida.

A mi amada y hermosa Gabriela Vela Acosta “patita”, agradezco profundamente con todas las fuerzas de mi ser tu invaluable compañía, amor y comprensión durante los maravillosos años que nos conocemos, agradezco de todo corazón tu compañía en este largo proceso inicial que ha culminado. Contigo crecí personal y académicamente.

A mi amigo el Ingeniero Leandro Gómez por su intachable ejemplo y amistad durante muchísimos años. Le agradezco mucho los buenos consejos acerca de dirigirse hacia una vida encaminada al estudio e interés por las ciencias y el conocimiento.

Al respetado director y amigo de este trabajo de grado Diego Alexander Blanco Martínez, por su incondicional apoyo, ayuda, paciencia y gran conocimiento. También al respetado codirector, Juan Calos Moreno, por acogernos como sus estudiantes y posibilitar el desarrollo de este largo proceso.

Al respetado Yesid Murillo por su ayuda incondicional y su excelente orientación y evaluación. Al profesor Ricardo Franco por su excelente labor de evaluación, sus oportunas orientaciones y brillantes recomendaciones.

Por último, a mis queridos compañeros y amigos, Camilo, Jenny, Xiomara, Carmen, Dianny, Rubén y Martha y a todas las personas que de alguna u otra forma posibilitaron este proceso.

RESUMEN ANALÍTICO EN EDUCACIÓN – RAE

1. Información General	
Tipo de documento	Trabajo de grado
Acceso al documento	Universidad Pedagógica Nacional. Biblioteca Central
Título del documento	SECUENCIA DE ENSEÑANZA-APRENDIZAJE RELACIONADA CON LA SÍNTESIS Y USO DE NANO-PARTÍCULAS MAGNÉTICAS DE HIERRO PARA FOMENTAR EL ESTABLECIMIENTO DE RELACIONES CTSA EN EL CAMPO DE INVESTIGACIÓN DE LA NANOTECNOLOGÍA.
Autor(es)	Rubiano Arévalo, Daniel Alexander.
Director	Blanco Martínez, Diego Alexander; Moreno Pirarán, Juan Carlos
Publicación	Bogotá. Universidad Pedagógica Nacional, 2014. 128 p
Unidad Patrocinante	Universidad Pedagógica Nacional/Universidad de los Andes
Palabras Claves	Nanotecnología; Relaciones CTSA; Química; secuencia de enseñanza; magnetita; Nanopartículas magnéticas de hierro.

2. Descripción
El trabajo de grado que se propone tiene como finalidad general, fomentar el establecimiento de relaciones CTSA y el aprendizaje de conceptos científicos relativos a la nanotecnología a partir de una secuencia de enseñanza-aprendizaje CTSA relacionada con la síntesis y uso de nanopartículas magnéticas de hierro.

3. Fuentes
24 fuentes relacionadas con los diferentes elementos que componen el trabajo final de investigación. Se consideran de mayor relevancia para este trabajo:
Acevedo, J. A, Vásquez, A, manassero, A. (2002) El Movimiento Ciencia-Tecnología-Sociedad y la Enseñanza de las Ciencias. Disponible en. http://www.oei.es/salactsi/acevedo13.htm
Arias, I. X; Buesaquillo, A; Cardozo, E; Espejo, S; Lambrano, J; Franco, F; Martínez, L. F (2012). Semillero didagokhemia: una aproximación a la Investigación en el programa de licenciatura en química. Asociación Colombiana para la Investigación en Educación en Ciencia y Tecnología. Revista EDUC y T; Vol. Extraordinario. Diciembre, ISSN 2215 – 8227
Faladori, G. Invernizzi, N. (2005) a. Nanotechnology in its Socio-Economic context. Science Studies. Vol 18 (2005). No 2, 67-63. Recuperado de http://archive.cspo.org/_old_ourlibrary/documents/Foladori%20%20Invernizzi_nanosocioecon.pdf
Martínez L. F, Villamil Y, M & Peña D. C (2006). <i>Relaciones Ciencia, Tecnología, Sociedad y Ambiente, a partir de Casos Simulados SA</i> , Tecnología, Sociedad e Innovación CTS + I. 2006. Recuperado de : http://www.oei.es/memoriasctsi/mesa4/m04p24.pdf

Schwertman. U. y Cornell. RM, (2000). The iron oxides in the laboratory preparation & characterization Deutsche Bibliothek Cataloguing-in-Publication Data A catalogue record for this publication is available from Die Deutsche Bibliothek ISBN 3-527-29669

Sheriffa K.M., Anantharaman. N., (2009) Removal of Chromium (VI) Ions from Aqueous Solutions and Industrial Effluents Using Magnetic Fe₃O₄ Nano-particles Adsorption Science & Technology Vol. 27 No. 7 2009.

Zapata A. C (2008). *Síntesis y caracterización de magnetitas pura y dopadas con Titanio*. Tesis de grado para optar el Título de magister en Ingeniería. Universidad de Antioquia. Medellín

Zenteno, M.B & Garriz, A. (2009). *Secuencias Dialógicas, La Dimensión Cts Y asuntos Socio-Científicos En La Enseñanza De La Química*. Rev. Eureka Enseñ. Divul. Cien., 2010, 7(1), pp. 2-25. Recuperado de: http://garriz.com/andoni_garriz_ruiz/documentos/ZentenoMendoza-Garriz_Eureka%202010.pdf. ISSN: 1697-011X

4. Contenidos

El trabajo muestra los antecedentes a nivel local, nacional e Iberoamérica que están relacionados con: Nanotecnología en química, relaciones CTSA, síntesis y caracterización de nanopartículas magnéticas de hierro, secuencias de enseñanza.

Luego se presentan los referentes teóricos concernientes a la nanotecnología en química, relaciones CTSA, movimiento CTS, alfabetización científica, secuencias de enseñanza, síntesis y caracterización de nanopartículas magnéticas de hierro.

Posteriormente se presenta la metodología de investigación propuesta en este documento, siguiendo una metodología mixta (cualitativa y cuantitativa). Se detalla el uso e implementación de los instrumentos empleados teniendo en cuenta las categorías de análisis que rigen la investigación. Finaliza con los resultados y análisis pertinentes y recomendaciones.

5. Metodología

A partir la estructuración metodológica diseñada se pretende lograr los objetivos planteados para este trabajo, como generalidad de los objetivos es el fomento de la construcción de relaciones CTSA hacia la nanotecnología y el aprendizaje de conceptos científicos relacionados.

La metodología consta de cuatro fases fundamentales que la componen. La primera es la que consta de la revisión y caracterización de aspectos curriculares para la identificación del problema, revisión bibliográfica, obtención y caracterización del material nanotecnológico a emplear. En la segunda etapa consta de la identificación de las relaciones CTSA y conceptos relacionados con la nanotecnología previos a la secuencia de enseñanza. En la tercera etapa se diseña e implementa una secuencia de enseñanza relacionada con la síntesis y uso de nanopartículas magnéticas de hierro. Por último, en la cuarta etapa se realiza se identifican y caracterizan las relaciones CTSA y conceptos relacionados con la nanotecnología posteriores a la intervención didáctica.

6. Conclusiones

La comprensión de conceptos científicos referentes a una problemática o controversia posibilita una comprensión global del fenómeno científico, tecnológico, social, ambiental y cultural que se desarrolla en cierto contexto. Así, para establecer relaciones CTSA de manera adecuada resulta necesario comprender a diferentes niveles conceptos que permitan un adecuado discernimiento y reflexión en la participación ciudadana. De acuerdo con la matriz de análisis 1 y 2 se evidencia una mejora relevante en el establecimiento de relaciones CTSA por parte de los docentes en formación inicial, alcanzándose puntajes correspondientes a lo adecuado con una fuerte tendencia a lo más alto de esta escala, también esto se evidenció con los conceptos científicos como área superficial, tamaño de partículas, magnetismo etc.

A partir de la prueba inicial de relaciones CTSA y conceptos previos relacionados con la nanotecnología se afirma que la población involucrada en esta investigación pueden establecer relaciones CTSA respecto a la nanotecnología en niveles, según la clasificación de la matriz de análisis 1, parcialmente adecuado y en menor proporción alcanzan a ser adecuadas, sin embargo los conceptos científicos relacionados con la nanotecnología en química se caracterizan en el nivel inadecuado o no adecuado.

La secuencia de enseñanza relacionada con la síntesis y uso de nanopartículas magnéticas de hierro (Magnetita Fe_3O_4), no solo involucra el acercamiento a una variedad de conceptos que enriquecen conceptualmente a los estudiantes, sino que también es un escenario propicio para dar una mirada crítica y reflexiva a problemáticas de la actualidad que poco o nada se han mencionado en el ámbito académico de la Universidad Pedagógica Nacional en el departamento de Química.

El instrumento final empleado para valorar la construcción de relaciones CTSA permite afirmar que los estudiantes han adecuado conceptos científicos relacionados con la nanotecnología y aparte de esto, como finalidad principal, se logró fomentar la construcción de relaciones CTSA apoyadas desde conceptos científicos cuando se hizo necesario en relaciones de tipo científico y tecnológico.

Elaborado por:	Rubiano Arévalo, Daniel Alexander.
Revisado por:	Blanco Martínez, Diego Alexander; Moreno Pirarán, Juan Carlos

Fecha de elaboración del Resumen:	27	02	2014
--	----	----	------

TABLA DE CONTENIDO

1. JUSTIFICACIÓN	1
2. ANTECEDENTES	4
3. MARCO DE REFERENCIA.....	7
3.1. LA NANOTECNOLOGÍA EN QUÍMICA	7
3.2. MOVIMIENTO CTS.....	10
3.3. ENFOQUE CTSA.....	11
3.4. ALFABETIZACIÓN CIENTIFICA Y RELACIONES CTSA	12
3.5. SECUENCIAS DE ENSEÑANZA.....	14
3.6. CASOS SIMULADOS CTSA.....	15
3.7. PROPIEDADES Y SÍNTESIS DE NANO PARTICULAS MAGNÉTICAS DE HIERRO Fe ₃ O ₄	16
3.7.1 MÉTODO DE SINTESIS DE NANOPARTÍCULAS MAGNÉTICAS DE HIERRO.....	17
3.7.2 SÍNTESIS DE NANO PARTICULAS MAGNÉTICAS DE HIERRO POR EL MÉTODO HIDROTHERMAL	17
4. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	19
5. OBJETIVOS	21
5.1. OBJETIVO GENERAL	21
5.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	21
6. METODOLOGÍA	22
6.1 TIPO Y CARÁCTER DE LA INVESTIGACIÓN.....	22
6.2 ESCENARIO Y POBLACIÓN	23
6.3 ESQUEMA METODOLÓGICO	24
6.4 PRIMERA ETAPA.....	25
6.4.1 CARACTERIZACIÓN DEL PROGRAMA ACADÉMICO.....	25
6.4.2 DELIMITACIÓN DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	25
6.4.3 REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	25
6.4.4 SINTESIS Y CARACTERIZACIÓN DE NANO-PARTÍCULAS MAGNÉTICAS DE HIERRO	26
6.4.4.1 SÍNTESIS.....	26
6.5 SEGUNDA ETAPA.....	27
6.5.1 DIAGNÓSTICO DE RELACIONES CTSA.....	27
6.6 TERCERA ETAPA	27
6.6.1 DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE LA SECUENCIA DE ENSEÑANZA.....	27
6.7 ACCIÓN DE EVALUACIÓN.....	29
6.8. INSTRUMENTOS EMPLEADOS PARA LA RECOLECCIÓN DE DATOS	29
6.8.1 TEST INICIAL DIAGNÓSTICO DE RELACIONES CTSA	30
6.8.2 SECUENCIA DE ENSEÑANZA: RECURSOS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN.....	31

6.8.2.1 Lectura y revisión bibliográfica.....	31
6.8.2.2 Noticia y juego de rol.....	32
6.8.2.3 Descripción de la cuestión socio-científica empleada	32
6.8.2.4 Asignación de roles a grupos de trabajo.....	33
6.9. CUARTA ETAPA.....	35
6.9.1 Análisis de Documentos	35
6.9.2 Test Final de Relaciones CTSA.....	35
7. RESULTADOS Y ANÁLISIS	36
7.1 SINTESIS Y CARACTERIZACIÓN DE NANO-PARTÍCULAS MAGNÉTICAS	36
7.1.1 ESPECTROSCOPIA DE INFRARROJO	36
7.1.2 Difracción de Rayos X (DRX)	38
7.2 Test inicial de relaciones CTSA	41
7.2.1 Categoría de análisis 1. Relaciones CTSA frente a la nanotecnología en química	41
7.2.3 Categoría de análisis 2. Apreciaciones conceptuales relacionadas con la nanotecnología en química	44
7.3 Resultados Juego de Roles	48
7.3.1 Primera sesión juego de roles	48
7.3.2 Práctica de laboratorio 1. Síntesis de magnetita vía hidrotérmal (Fe_3O_4)	49
7.3.3 Sesión 1 y 2 Juego de roles.....	51
7.3.4 Aportes generales	51
7.3.5 Práctica de laboratorio 2: Adsorción de Cr (VI) sobre magnetita (Fe_3O_4)	55
7.3.6 Análisis de resultados del Juego de Roles. Categoría de análisis 1. Relaciones CTSA en opiniones y argumentos en el juego de Roles	58
7.3.7 Análisis de resultados del Juego de Roles. Categoría de análisis 2. Conceptos relacionados con las propiedades de las nanopartículas magnéticas de hierro	61
7.4 RESULTADOS TEST FINAL DE RELACIONES CTSA Y CONCEPTOS CIENTÍFICOS RELACIONADOS CON LAS PROPIEDADES DE LA MAGNETITA (Fe_3O_4).....	64
7.4.1 Categoría de análisis 1. Relaciones CTSA frente a la nanotecnología.....	64
7.4.2 Categoría de análisis 2 Apreciaciones conceptuales relacionadas con la magnetita y sus propiedades	66
8. CONCLUSIONES	69
9. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	71
10. ANEXOS	75
Anexo 1. Test inicial de relaciones CTSA y conceptos relacionados con nanopartículas magnéticas.....	75
Anexo 2. Guía de laboratorio de síntesis de magnetita	77
Anexo 3. Noticia controversial verosímil	82
Anexo 4. Guía de laboratorio de síntesis de magnetita	83
Anexo 5. Juegos de Roles	91

Anexo 6. Test final de relaciones CTSA y conceptos relacionados con las propiedades de la magnetita.....	100
Anexo 7. Rejilla de análisis de contenidos curriculares	102

Índice de Tablas

Tabla 1. Algunos nano-materiales, propiedades y sus aplicaciones	8
Tabla 2. Incremento del porcentaje de inversión en la nanotecnología correspondiente al mercado mundial.....	9
Tabla 3. Escala de valoración de proposiciones relativas a relaciones entre CTSA.....	13
Tabla 4. Matriz de análisis 1	31
Tabla 5. Matriz de análisis 2	34
Tabla 6. Bandas comunes MC (magnetita comercial), MS (magnetita sintetizada)	37
Tabla 7. Condiciones de análisis de difracción de rayos X	39
Tabla 8. Ángulos de planos de difracción MC, ME y MS. Distancia interplanar d y FWHM MS	39
Tabla 9. Resultados de ítems categoría de análisis 1: Afirmaciones de relaciones CTSA positivas respecto a la nanotecnología en química	42
Tabla 10. Resultados ítem de afirmaciones de relaciones CTSA negativas respecto a la nanotecnología en química	43
Tabla 11. Resultados de los ítems de apreciaciones conceptuales positivas respecto a la nanotecnología en química	45
Tabla 12. Resultados de ítems de apreciaciones conceptuales negativas respecto a la magnetita.....	46
Tabla 13. Pesos correspondientes a la obtención de magnetita.	50
Tabla 14. Cantidad de muestra patrón utilizada para el análisis de la absorción de la magnetita.	55
Tabla 15. Datos para la Curva de Trabajo.....	55
Tabla 16. Preparación de soluciones patrón para hallar la curva de trabajo.	56
Tabla 17. Datos de Absorbancia y concentración final y en el equilibrio en partes por millón... ..	57
Tabla 18. Resultados Relaciones CTSA juego de Roles	60
Tabla 19. Rúbrica de evaluación	62
Tabla 20. Resultados rúbrica de evaluación.....	63
Tabla 21. Resultados ítems afirmaciones relaciones CTSA positivas test final	64
Tabla 22. Resultados ítems afirmaciones relaciones CTSA negativas test final.....	65
Tabla 23. Resultados ítems apreciaciones conceptuales positivas respecto a la nanotecnología.....	66
Tabla 24. Resultados ítems apreciaciones conceptuales negativas respecto a la nanotecnología	67

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Diagrama de Pourbaix del Hierro	18
Figura 2. Montaje experimental.	18
Figura 3. Esquema metodológico	24
.....	
Figura 4. Espectro de infrarrojo de magnetita comercial y magnetita sintetizada vía hidrotérmal	37
Figura 4.2. Espectro infrarrojo magnetita comercial	37
Figura 5. Difracto-grama magnetita sintetizada <i>MS</i>	38
Figura 6. Resultados de los ítems de afirmaciones de relaciones CTSA positivas respecto a la nanotecnología en química	40
Figura 7. Resultados de los ítems de afirmaciones de relaciones CTSA negativas respecto a la nanotecnología en química	42
Gráfico 8. Resultados de los ítems de apreciaciones conceptuales positivas respecto a la nanotecnología en química	44
Figura 9. Resultados de ítems de apreciaciones conceptuales no adecuadas respecto a la magnetita.....	46
Figura 10. Curva de Trabajo para Cromo (VI)	56
Figura 11. Resultados ítems afirmaciones relaciones CTSA positivas test final	65
Figura 13. Resultados ítems apreciaciones conceptuales positivas respecto a la nanotecnología	66
.....	
Figura 14. Figura 14. Resultados ítems apreciaciones conceptuales negativas respecto a la nanotecnología	77

Índice de Fotografías

Fotografía 1. Síntesis de nanopartículas magnéticas de hierro por los estudiantes del Énfasis disciplinar I: Sistemas Electroquímicos.....	49
Fotografía 2. Separación por inducción magnética	50
Fotografía 3. Proceso de secado de la magnetita	50

INTRODUCCIÓN

En la actualidad, comprender conceptos de la química de manera significativa, es decir, contextualizar y reflexionar al tiempo que se aprende química, se concibe como una imperiosa necesidad en una sociedad en desarrollo inmersa en el dinámico avance científico y tecnológico. Este moderno escenario social exige que el ambiente de aprendizaje sea abordado desde el enfoque CTSA. En este sentido, Ruiz, Martínez & Parga, (2009) afirman que: *“El Movimiento CTSA intenta aportar soluciones a diversos problemas de enseñanza y aprendizaje para las ciencias, ya que permite ir más allá de los contenidos programáticos con su inquietud por los problemas sociales relacionados con lo científico y lo tecnológico, fomentando así, una conciencia social de las realidades que subyacen en diversos contextos”*.

La finalidad de abordar este problema en su forma más básica, es la de aportar pautas a la comunidad educativa para el desarrollo de metodologías, propuestas y estrategias aplicables en múltiples entornos educativos que estimulen y faciliten el aprendizaje de la química desde una mirada crítica hacia la ciencia, tecnología, sociedad y ambiente. Del mismo modo, aproximarse con estas propuestas y estrategias didácticas a nuevas metas educativas como lo son: la comprensión pública de la ciencia y el fomento de la participación ciudadana en la valoración de la ciencia, la tecnología y sus productos. (Garriz & Zenteno, 2009).

En este orden de ideas, se diseñó e implementó una secuencia de enseñanza, relacionada con la síntesis de nano-partículas magnéticas de hierro (Fe_3O_4) en el espacio académico de Énfasis Disciplinar I: Sistemas Electroquímicos de la Licenciatura en Química de la Universidad Pedagógica Nacional, para fomentar el establecimiento de las relaciones CTSA de los profesores en formación inicial, dado que en los espacios académicos del programa curricular, la enseñanza de conceptos y metodologías en química se aísla de reflexiones en torno a cuestiones socio-científicas concernientes a temáticas de la actualidad, como es el caso de la nanotecnología.

En este sentido, este documento presenta en primer lugar la recopilación de algunos antecedentes destacados a lo largo de la revisión bibliográfica, así mismo se presentan los referentes didácticos en el cual se describen las características del campo de investigación CTSA y los objetivos del mismo. También se presentan los

respectivos referentes teóricos sobre nanopartículas magnéticas de hierro: síntesis, caracterización y uso de este material.

En los siguientes capítulos se describen la formulación y delimitación del problema, los objetivos del trabajo de grado, se presenta la metodología, la población que será intervenida, se describen los resultados y el análisis de los mismos, y finalmente se presentan las conclusiones que responden a los objetivos y a la pregunta problema que orientaron esta investigación.

1. JUSTIFICACIÓN

El desarrollo y aplicación de una secuencia de enseñanza relacionada con la síntesis de nanopartículas magnéticas para fomentar la construcción de relaciones CTSA en el grupo de estudiantes del énfasis disciplinar I: Sistemas Electroquímicos de la Universidad Pedagógica Nacional, surge a partir de la necesidad de promover metodologías y procedimientos para propiciar un ambiente académico en donde se promueva el aprendizaje de conceptos científicos, la reflexión y la participación ciudadana respecto a posibles efectos, beneficios y repercusiones de la nanotecnología en Química dentro de los espacios académicos del ambiente de formación científica e investigativa del programa. De acuerdo con el análisis de algunos espacios académicos pertenecientes al programa curricular de la licenciatura, el fomento de estas relaciones CTSA respecto al amplio campo del conocimiento científico cómo lo es la nanotecnología en química no es tenido en cuenta en los planes de estudios, núcleos temáticos y metodologías. Siendo la nanotecnología un importante campo del saber al que la comunidad educativa debe darle relevancia dentro de sus actividades, especialmente en los planes curriculares que tienen como finalidad formar docentes en ciencias.

Según lo establecido por el ministerio de educación nacional (MEN), los materiales que se diseñen para el alumnado deben promover en ellos el aventurarse más allá de los límites de cada disciplina, para considerar la ciencia de una manera amplia y crítica en su relaciones con la tecnología y la sociedad, que incluyan el tratamiento de cuestiones éticas o de valores personales y sociales analizando la influencia, beneficios y desventajas de la ciencia y tecnología en el entorno social y cultural. Todo esto con la finalidad de alcanzar un desarrollo sustentable en el país y la calidad vida de todos los grupos sociales (MEN, 1998). En ese sentido, en este trabajo de investigación, el campo de la nanotecnología en química se entiende como un emergente campo del saber que facilitará y favorecerá el desarrollo en muchos aspectos sociales y económicos a las diferentes sociedades a mediano y corto plazo, por lo que resulta indispensable investigar, conocer, divulgar y debatir ventajas y desventajas de las múltiples aplicaciones y usos de este campo del saber por todo

sector de las comunidades integrantes de la sociedad, máxime en instituciones formadoras de profesores de ciencias naturales, teniendo en cuenta lo propuesto por el Ministerio de Educación Nacional (MEN) citado anteriormente.

El sentido de abordar este problema, evidenciado dentro de espacios académicos del ambiente de formación científica e investigativa de la Licenciatura en Química de la Universidad Pedagógica Nacional, a partir del campo de investigación CTSA, es el de desarrollar y aplicar una estrategia didáctica innovadora que podrá servir de base para futuros trabajos de investigación y principalmente para el ejercicio docente en el momento de abordar la enseñanza de la Química alrededor de la nanotecnología de una manera contextualizada y aplicable de acuerdo con los objetivos de la alfabetización científica. Según lo anterior, resulta importante todo aspecto de las relaciones CTSA puesto que son imprescindibles por su papel relevante en la formación de una ciudadanía responsable y su preparación para la toma de decisiones (Solbes y Vilches, 2004). Así que deben plantearse metodologías para el fomento de relaciones CTSA que puedan ser aplicables a un contexto educativo y formativo en donde la atención prestada a la toma de decisiones, contextualización de contenidos y participación ciudadana sea nula o inexistente, así Solbes y Vilches 2004 argumentan:

Por ello, es evidente la necesidad de plantear propuestas que traten de paliar esta escasa atención, teniendo en cuenta que la toma de decisiones es algo que se debe abordar en la enseñanza desde los diferentes ámbitos y perspectivas y en todas las ocasiones en que se requiera. Poner a los estudiantes, desde el principio del estudio de un tema, en la situación de reflexionar y analizar en profundidad las repercusiones de la ciencia y la tecnología en la sociedad, de ser capaces de evaluar y argumentar en torno a los problemas, de tener en cuenta necesariamente en cada situación el «principio de precaución», de comprender la importancia de nuestras acciones individuales, etc. son aspectos imprescindibles para la formación de todas las personas.

De acuerdo con lo anterior, para fomentar el establecimiento relaciones CTSA respecto a la nanotecnología en Química, se diseñó una secuencia de enseñanza que consta de revisión de artículos críticos y reflexivos que servirán para introducir e incentivar al docente en formación inicial en la temática. Las actividades de estudio de

las propiedades y características de nano-partículas magnéticas de hierro, que se sintetizaron se emplearán en la adsorción de Cr (VI), aportarán el conjunto de fenómenos y conceptos que serán el sustento de argumentos y opiniones de carácter crítico por parte de los estudiantes en las actividades de discusión, consenso y reflexión. Consecuentemente con lo anterior, al finalizar la secuencia de enseñanza se espera evidenciar actitudes positivas de los docentes en formación inicial respecto a relaciones CTSA hacia la nanotecnología a partir de fomentar la construcción de estas relaciones en ambientes de investigación, reflexión y participación durante la secuencia de enseñanza.

2. ANTECEDENTES

En la actualidad, la enseñanza de las ciencias a través del enfoque CTSA implica favorecer y fortalecer el pensamiento crítico de los estudiantes a través de cuestiones socio-científicas, relacionándolas con los conocimientos comunes y científicos construidos en el aula de clase. Por otro lado, la nanotecnología es un campo del saber que requiere ser explorado por las diferentes disciplinas pertenecientes a las ciencias humanas y las ciencias naturales en diferentes entornos, pero en este trabajo se hace referencia al abordaje de temas de nanotecnología en química desde perspectivas educativas para la alfabetización científica, así, el campo de investigación CTSA resulta propicio para el abordaje de estas temáticas en el aula de clase.

En esta sección se presentarán los antecedentes más relevantes en los que fue soportado el presente trabajo, organizándole a este grupo de referentes, trabajos e investigaciones a nivel *local, nacional e Iberoamérica*

A nivel *institucional (Local)* se encuentran antecedentes que servirán como apoyo metodológico y teórico en este trabajo. Montenegro (2007) afirma que abordar los contenidos curriculares de una forma conductista, conlleva a que el individuo sea incapaz de resolver problemas presentes en su cotidianidad. En el trabajo de este autor se plantea una metodología basada en el estudio de la contaminación del recurso hídrico aledaño a una escuela rural, abordando los contenidos desde una unidad didáctica, dando como resultados la comprensión de nuevos contenidos, fomento y fortalecimiento de relaciones CTSA de acuerdo con el problema socio-científico y ambiental en cuestión. Esta investigación aporta instrumentos y resultados que pueden ser tenidos en cuenta al respecto de fomentar la construcción de relaciones CTSA alrededor de problemas importantes de diferentes contextos.

Generalmente, las problemáticas socio-ambientales son abordadas en trabajos de investigación como situaciones para favorecer la construcción de relaciones CTSA. Santos y Rodríguez (2012), analizan los resultados obtenidos a través de una secuencia de enseñanza relacionada con el uso de catalizadores para la eliminación de contaminantes en aguas residuales, observando un incremento en la construcción

de relaciones CTSA, afirmando que el trabajo experimental realizado en la secuencia de enseñanza desarrollada y aplicada, mejora la expresión de las ideas del estudiantado referentes a problemas sociales y ambientales

En el importante trabajo de Siqueira, R. Da Silva, L. M., *et al.* (2010), a nivel Iberoamérica, se muestra como la nanotecnología es abordada por diferentes autores bajo tres ejes rectores como lo son *nanotecnología y materiales, nanotecnología y salud, nanotecnología y medio ambiente y nanotecnología ética y política*. Este trabajo se realizó indagando en bases de datos como SCIELO y PUBMED encontrando 24 y 257 artículos respectivamente. Este trabajo fue realizado con la principal finalidad de esclarecer las posibles temáticas que pueden ser abordables desde el enfoque CTSA con fines didácticos y metodológicos para la enseñanza de las ciencias desde esta perspectiva. Consideran los autores de este trabajo que “de acuerdo con esta perspectiva, mucho más que un campo puramente tecno - científico, la realización de investigaciones que implica la nano ciencia y la nanotecnología debe ampliarse para cuestionamiento de la sociedad civil convirtiéndose definitivamente una cuestión ética ”todo esto a partir debates democráticos y consensuados para los espacios del aula, “lo que contribuye a la formación ciudadanos más responsables con los demás, con la sociedad y el medio ambiente”. (Siqueira, R. *et al.* 2010)

Las secuencias de enseñanza o secuencias dialógicas son estrategias didácticas empleadas para favorecer la construcción de relaciones CTSA, son herramientas cuyo objetivo es ayudar al estudiante a comprender el conocimiento científico Meheut y Psillos (2004). A nivel Iberoamérica se tiene en cuenta el trabajo de Garritz & Zenteno(2009), aborda la enseñanza de conceptos científicos desde la dimensión CTS, la implementación de secuencias dialógicas de enseñanza como estrategia, y la argumentación como elemento dialógico. Los autores afirman que no solo la enseñanza de los conceptos científicos de la Química es fundamental para alcanzar los nuevos objetivos de la educación científica, es indispensable la transformación de las formas de enseñanza, implementando en la enseñanza cotidiana de la química el estudio de cuestiones socio-científicas. El autor concibe que las secuencias de enseñanza vistas como enfoques instruccionales, mejoran el proceso de enseñanza–aprendizaje al detectar los puntos de anclaje entre los contenidos conceptuales de los programas de Química con las problemáticas socio-científicas que se ven involucradas, afirmando que “lo que da como resultado un aprendizaje de la ciencia

más atractivo y contextualizado sin la obligación de sobrecargar los contenidos del currículo”. Las citas anteriormente mencionadas se referencia con el propósito de definir la secuenciación de actividades que hicieron parte de la secuencia de enseñanza.

Los innovadores métodos de síntesis de nano partículas magnéticas de hierro, se han estudiado y desarrollado en todo el mundo en general, sin embargo para este trabajo se tomará como antecedente referentes provenientes de Iberoamérica. Estos métodos permiten controlar las propiedades físicas y químicas de la magnetita Fe_3O_4 , tamaño de partícula, solubilidad en medio polar o apolar, área superficial, magnetización. Los métodos más comunes son: co-precipitación de sales de hierro, método sol-gel, descomposición de precursores de hierro en medio orgánico, electro-síntesis entre otros. Urquijo (2007) expone un análisis de ferro fluidos magnéticos para aplicaciones biomédicas sintetizando nano-partículas de Hierro por el método de co-precipitación de sales de hierro siendo caracterizadas por diferentes técnicas como difracción de rayos X, espectroscopia Mössbauer, espectroscopia infrarrojo entre otras técnicas instrumentales empleadas.

Gómez (2009) sintetiza, caracteriza y modifica nano-partículas magnéticas de hierro de alta cristalinidad uniformes para aplicaciones biomédicas por medio del método de descomposición de precursores de hierro en medio orgánico. Para la caracterización de las nano-partículas emplea técnicas como: análisis termo-gravimétrico (TGA) como difracción de rayos X, espectroscopia Mössbauer, espectroscopia infrarrojo para analizar factores que influyen en las propiedades físicas y químicas de la magnetita. Las variables controladas y analizadas por el autor son: Temperatura, solvente orgánico de la reacción y concentración del precursor orgánico. También, analiza y describe la metodología empleada en la transformación de nano-partículas magnéticas de hierro insolubles en medio polar a partículas solubles para aplicaciones biomédicas, a través del cambio de surfactante que recubre las nano-partículas magnéticas.

3. MARCO DE REFERENCIA

En este capítulo se presentan los modelos y conceptos que soportan éste trabajo de investigación, relacionados con el enfoque CTSA, secuencia de enseñanza, síntesis y caracterización de magnetita y la nanotecnología.

3.1. LA NANOTECNOLOGÍA EN QUÍMICA

La nanotecnología se define como el campo de conocimiento que engloba el conjunto de saberes y métodos dispuestos para la manipulación de la materia (átomos y moléculas) a escala de nanómetros (1 nanómetro = 1 nm = 10^{-9} m), y cuyas propiedades magnéticas dependen fuertemente de los efectos de superficie y de tamaño finito. (Mazo, 2011)

Este campo del saber se perfila como un innovador campo del conocimiento científico y tecnológico teniéndose varias razones que insinúan estar ante una revolución científica y tecnológica. Así, afirman Faladori e Invernizzi (2005) que en lo que respecta al cambio científico y tecnológico propiamente dicho, existen dos razones básicas en las cuales se argumenta que se está ante un cambio. En primer lugar se trata de construir materia a partir de átomos y moléculas a lo más grande (proceso Bottom-up), en lugar de iniciar de la materia física (lo macroscópico) para obtener los diferentes productos así como se ha venido haciendo a lo largo de la historia (proceso top-down). En segundo lugar ya no se tiene diferencia entre la materia biótica y abiótica de manera que se pueden aplicar procedimientos biológicos a los procesos materiales o intervenir con materiales en procesos de los cuerpos vivos o también crear vida artificial para manipularla con diferentes finalidades.

La nanotecnología aún se encuentra en una fase inicial, esperándose que para la próxima década se aumente su importancia en todos los aspectos científicos (Faladori, Invernizzi, 2005) tecnológicos sociales y económicos de las diferentes sociedades, teniéndose ya grandes avances en diferentes campos como calzado térmico, colchones que repelen sudor y polvo, palos de golf más resistentes y flexibles, brújulas, materiales en barcos y submarinos, pero los materiales que hoy en día ya se

han alcanzado y que respectan a esta investigación son los relacionados con nano materiales y nano partículas magnéticas, nano-clústers, nano-fibras y nano-túbulos de diferentes compuestos químicos con características de tamaño, área superficial, magnetismo, capacidad de adsorción y propiedades catalíticas diversas. En la tabla 1 se muestran algunos de estos materiales anteriormente mencionados y sus aplicaciones.

NANO-MATERIALES	PROPIEDADES	APLICACIONES
Nano-clústeres		
Quantum Wells	Capas ultra finas de material semiconductor con nuevas propiedades	Láser para CD's, telecomunicación, óptica, memorias, monitores
Nano-granos		
Nano-cápsulas	Aislante, reactivo de alta selectividad	Agentes para recubrimiento de medicamentos y otros nano-compuestos
Nano-catalizadores	Permiten y mejoran reacciones químicas y pueden ser reutilizables	Materiales, energía, producción de alimentos, industria, agricultura, tratamiento de agua y otros recursos, agroindustria.
Nano-fibras		
Nanotubos de carbono	50 a 100 veces más fuertes que el acero y 1/6 de su peso	Industria aeroespacial, automotriz y construcción
Nano-materiales nano-estructurados		
Nano-compuestos	Compuestos de metales, óxidos metálicos, polímeros y materia biológica que permiten comportamiento multifuncional	Medicina, bio-remediación, catálisis, materiales magnéticos, síntesis de compuestos de difícil obtención

Tabla 1. Algunos nano-materiales, propiedades y sus aplicaciones.*Información tomada y modificada de (Faladori, Invernizzi, 2005)

Así como toda acción científica y tecnológica, la nanotecnología no está exenta de estar implicada en debates a cerca de los beneficios y desventajas que posee este campo del saber, así como se afirma que sus aplicaciones serán altamente benéficas se evidencia una preocupación por los efectos que puede tener en la salud de los seres vivos y el medio ambiente en general. La preocupación sobre los crecientes impactos ambientales de los cada vez más novedosos materiales provenientes de la nanotecnología aumenta según la Royal Society & Royal Academy of Engineering, en los informes emitidos por estas entidades se resalta la preocupación sobre los procedimientos del uso de nano-partículas en la descontaminación de agua o la disminución de la concentración de contaminantes, argumentado que la alta reactividad por la superficie característica de las nano-partículas puede reaccionar con muchos compuestos presentes en el medio ambiente y los seres vivos. También después del proceso en el que se emplean nano-partículas la preocupación se centra en los efectos de los residuos y sub-productos de la descomposición del material al final de un proceso o al descomponerse por diversos factores físicos, químicos y biológicos (vida útil), convirtiéndose en posibles compuestos químicos nocivos y altamente peligrosos para el medio ambiente.

Por otro lado, las preocupaciones trascienden de lo ambiental a lo económico, lo político y lo social, puesto que varios países invierten cantidades de recursos en nano-materiales anualmente. En la siguiente tabla se muestra la inversión en el mercado mundial desde 2001 al 2010.

2001		2010
23%	Nanopartículas y nano compuestos	28%
24%	Procesamiento ultrapreciso de superficies	22%
6%	Análisis y caracterización de nanoestructuras	4%
44%	Películas ultradelgadas	37%
3%	Nanoestructuras "laterales"	9%

Tabla 2. Incremento del porcentaje de inversión en la nanotecnología correspondiente al mercado mundial * Datos publicados en el XIII Congreso Latinoamericano de Superficies y sus Aplicaciones CLACSA, Santa Marta, Colombia, diciembre de 2007. Tomado de Mazo (2011)

En términos socio-económicos, y desde una perspectiva que ve la nanotecnología en sociedad, pueden visualizarse dos grandes implicaciones. La primera se relaciona con ver con un importante aumento de la productividad en las ramas que apliquen nanotecnología, lo cual hará desventajosa la competencia para aquellos países y sectores más atrasados tecnológicamente. Así, habrá mayor desigualdad en la competencia de mercados nacionales y mundiales, así las aplicaciones de la nanotecnología tienden a disminuir las ventajas naturales que inciden en los procesos productivos. Este resultado implica desventajas para los países pobres cuyas exportaciones se basan en materias primas o en los bajos costos de su fuerza de trabajo.

Resulta controversial el hecho de que la nanotecnología supone riesgos y desventajas próximas al ser humano y el medio ambiente por el uso de estos nano-materiales, sin embargo, se propone una evaluación de los supuestos efectos que pueden resultar nocivos o hasta catastróficos siendo evaluados y replanteados métodos y técnicas en miras de lograr avances en este campo del conocimiento que sean consecuentes con el cuidado del medio ambiente, la sociedad la política y la economía para esto procesos deben ser mediatizados por un ente regulador que proporcione una legislación para regular el uso de la nanotecnología posterior a un consolidado de saberes y verdades sobre la nanotecnología en relación con los efectos e implicaciones que puede tener este nuevo campo del saber.

3.2. MOVIMIENTO CTS

Inicialmente, el movimiento CTS, definido por sus siglas: ciencia, tecnología y sociedad, aparece a finales de los años sesenta y comienzo de los años setenta en Norteamérica como respuesta a la crisis producto de la interacción de la sociedad con la tecnología y el avance científico de esa época. (Membiela, 2002). La explotación de recursos naturales, el desarrollo de nuevas formas de generar energía para una sociedad industrializada, y el uso inadecuado de nuevas tecnologías propendían al deterioro del medioambiente.

Este enfoque exige interdisciplinaridad, integrando campos del saber cómo la sociología y la filosofía de las ciencias, dándose lugar así, a un movimiento que busca dar respuesta a interrogantes de aspectos sociales, científicos y tecnológicos.(Barbosa

& Cifuentes, 2007).Consecuentemente, se cuestionan principios y finalidades de la educación científica de ese entonces, sugiriendo cambios estructurales en el currículo, en aspectos como: la naturaleza del currículo de ciencia el rol del profesor, la enseñanza y la evaluación, la naturaleza del aprendizaje, el propósito de las escuelas, promoviendo así una visión holística de la educación científica (Aikenhead, 2005).

También se pueden identificar dos grandes tradiciones STS, la europea (*Science and Technology Studies*), en donde se concibe el carácter de la ciencia y la tecnología como procesos sociales, en contraste de la norteamericana, más activista, política y pragmática aproximándose controversial de los impactos sociales y ambientales de los productos científicos y tecnológicos (Acevedo, Vásquez &Manassero,2002). A pesar de las aproximaciones realizadas y los intentos mutuos de colaboración, cada una de estas tradiciones sigue contando hoy en día con sus propios manuales, congresos, revistas, asociaciones, etc., con un éxito institucional todavía parcial en el mejor de los casos (González, García, 1997).

3.3. ENFOQUE CTSA

Martínez, Villamil y peña (2006) definen el enfoque CTSA como un campo de estudio e investigación que permite que el estudiante comprenda la relación entre la ciencia con la tecnología y su contexto socio-ambiental reflexionando a cerca de cuestiones socio-científicas; en segundo lugar, es una propuesta educativa innovadora con la finalidad de dar formación en conocimientos y especialmente en valores que favorezcan la participación ciudadana en la evaluación y el control de las implicaciones sociales y ambientales. Por lo que este enfoque es un campo académico estudio e investigación para una mejor comprensión de la ciencia y la tecnología en sus diversos contextos sociales (Acevedo, 1996).

Así que, los contenidos curriculares de todas las áreas de educación básica, media y superior pueden ser abordados desde una comprensión social y cultural del contexto científico y tecnológico como es concebido desde el conjunto de teorías, procedimientos y saberes del campo-enfoque de investigación CTSA.

La enseñanza y aprendizaje de las ciencias experimentales, dentro del enfoque CTSA, tiene al menos cinco directrices o ejes rectores con los que se relaciona (Ziman, 1980 & Solomon 1998, citados en Membiela, 2002):

- Aproximación Cultural, educar científicamente a todos los individuos de una sociedad, desde preparar a los más capaces para la universidad hasta una formación científica dirigida a los ciudadanos en general.
- Educación política para la acción, la enseñanza científica debe centrarse en la formación de ciudadanos preparados para una adecuada acción política.
- Educación interdisciplinar, extender los saberes científicos del aula y otros escenarios hacia estudios sociales, geografía e historia.
- Aprendizaje en situaciones problémicas, esta orientación resulta atractiva porque habitualmente se ocupa de problemáticas locales que conciernen a la comunidad
- Orientación vocacional o tecnocrática, se centra en la visión de la ciencia y la tecnología como un producto industrial. En los cursos abordados desde el enfoque CTSA con esta orientación, el estudio de la industria se justifica en sí mismo por su importancia en el desarrollo cultural de una sociedad a lo largo de la historia.

3.4. ALFABETIZACIÓN CIENTÍFICA Y RELACIONES CTSA

Actualmente, las prácticas educativas en ciencias buscan que el individuo sea capaz de comprender la estrecha relación entre la sociedad, la ciencia y la tecnología a través de la provisión de recursos teóricos y prácticos desde conceptos científicos, fomentando destrezas procedimentales y valores en la toma de decisiones diaria reconociendo valores humanos, cualidades y limitaciones así como las utilidades de la ciencia y la tecnología en miras del bienestar humano. Otro de los objetivos de alfabetizar científicamente es crear una visión de un mundo como consecuencia de la actividad humana y su transformación a través de las necesidades, descubrimientos e interpretaciones del mundo mismo.

Siendo así, La alfabetización científica debe ser concebida, como un proceso de “investigación orientada” del mundo (los artefactos y la naturaleza) que, superando el reduccionismo conceptual permita a los alumnos enfrentarse a problemas relevantes y (re)construir los conocimientos científicos, que habitualmente la enseñanza

transmite ya elaborados, lo que favorece el aprendizaje más eficiente y significativo (Sabariego & Manzanares, 2006)

El movimiento CTS considera la ciencia y la tecnología como actividades humanas cargadas de valores que se dan a partir de las diferentes interacciones entre Ciencia, Tecnología, Sociedad y Ambiente (CTSA). Como enfoque didáctico para lograr una alfabetización científica y la enseñanza de las ciencias se retoman las relaciones CTSA sirviendo como directrices de los objetivos, contenidos, metodologías y evaluación de este campo de investigación. (Vázquez, Acevedo, Manassero, 2006)

Las relaciones CTSA pueden ser clasificadas de acuerdo a la escala establecida por Vázquez, Acevedo y Manassero (2003) en el cuestionario de Opiniones sobre Ciencia, Tecnología y Sociedad (COCTS), en donde se establece una escala de clasificación que contiene tres niveles para las relaciones CTSA, siendo esta: Inadecuadas o ingenuas, parcialmente aceptables o plausibles y adecuadas o apropiadas como se muestra en la tabla 3.

← Menos adecuadas			Más adecuadas →					
Ingenuas, inadecuadas			Plausibles, parcialmente aceptables			Adecuadas, apropiadas		
Totalmente ingenuas	Bastante ingenuas	Ingenuas	Poco plausibles	Plausibles	Bastante plausibles	Adecuadas	Bastante adecuadas	Totalmente adecuadas
1	2	3	4	5	6	7	8	9

Tabla 3. Escala de valoración de proposiciones relativas a relaciones entre CTSA. (Vázquez, et al., 2006)

La frase *Adecuada* expresa una creencia apropiada desde la perspectiva de los conocimientos de historia, filosofía y sociología de la ciencia. La frase *Plausible* aunque no es completamente adecuada, expresa algunos aspectos apropiados desde la perspectiva de los conocimientos de historia, filosofía y sociología de la ciencia. Y por último la frase *ingenua* expresa una creencia que no es ni apropiada ni plausible.

Al realizarse una clasificación de los resultados obtenidos en un test con el que se pretenda clasificar estas tendencias de las relaciones CTSA que concibe de un encuestado pueden ser analizadas con un test que tenga una matriz de análisis como la mostrada en la tabla 3. Pueden encontrarse subniveles dentro de los niveles Adecuado, plausible e inadecuado así evidenciando diferentes estados de las apreciaciones de relaciones CTSA dentro de textos, proposiciones y argumentos analizados y/o emitidos por el encuestado. Para fines del desarrollo de la metodología de esta investigación se definió una escala propia ajustada a los test e instrumentos propuestos.

3.5. SECUENCIAS DE ENSEÑANZA

Las secuencias de enseñanza o secuencias dialógicas de enseñanza son enfoques metodológicos e instrucciones inspirados en los saberes y procedimientos educativos para ayudar a los estudiantes a comprender el conocimiento científico. Linjse (2000) (citado de Garritz & Zenteno 2009, pág. 6) recomienda que la estructura de las secuencias de enseñanza–aprendizaje transite en tres niveles: el de contenido, el motivacional y el nivel de reflexión.

La participación del estudiante en las secuencias de enseñanza puede distinguirse de tres maneras según Garritz & Zenteno (2009):

- *Auto-aprendizaje*
- *Aprendizaje interactivo*
- *Aprendizaje colaborativo*

La primera de estas involucra el estudio individual del estudiante junto con actividades como elaboración de ensayos, mapas mentales e investigaciones dirigidas por un tutor. El Aprendizaje interactivo es una forma de participación o modalidad que adopta el estudiante en una secuencia de enseñanza que a diferencia del auto-aprendizaje, el estudiante es guiado en conferencias, congresos, visitas a museos, juegos de roles y casos simulados para debates que involucran el uso de conocimiento científico y/o común en cuestión. La última forma de participación, el *Aprendizaje colaborativo*, sucede en el seno de un grupo, en donde se integran todos los procedimientos y

ambientes del *Aprendizaje interactivo* donde las decisiones a cerca de proyectos e investigaciones realizados se toman de forma participativa y consensuada.

El contenido científico, teórico y práctico, involucrado en la secuencia de enseñanza debe ser claro y enseñable desde múltiples escenarios y contextos permitiendo abordar la secuencia de enseñanza desde los niveles, motivacional y reflexivo. Para estos dos últimos niveles de la secuencia es indispensable que el maestro tenga una posición crítica y participativa en la, permitiéndole esta posición acercarse al lenguaje, procedimientos y concepciones de los estudiantes.

3.6. CASOS SIMULADOS CTSA

Los casos simulados son situaciones problémicas en donde participa la comunidad estudiantil en la toma de decisiones, desde la reflexión y el acuerdo, apoyadas en avistamientos teóricos desde la ciencia y otros saberes humanos. Las situaciones problemáticas pueden ser controversias socio-científicas ficticias diseñadas por el profesorado de ciencias, o pueden ser problemáticas tomadas de situaciones reales que permita asumir roles y posturas críticas en torno a la controversia planteada.

Las finalidades de esta metodología consisten en estimular actitudes positivas respecto a la ciencia y la tecnología en los diferentes escenarios sociales fomentando y fortaleciendo el establecimiento de relaciones CTSA desde puntos de vista equilibrados y fundamentados desde marcos de referencia adecuados y consecuentes con el fenómeno o suceso en cuestión.

Para realizar un caso simulado en el aula de clase según Martínez, Villamil & Peña (2006) es necesario:

- ✓ Compartir la noticia a la cual se le da controversia y presentar con ella los diversos actores sociales.
- ✓ Discutir el tema de estudio para mirar las ideas y los conocimientos iniciales de los estudiantes.
- ✓ Repartir los actores sociales para que estudien y busquen la razón del comportamiento de cada actor frente al tema. Al mismo tiempo se selecciona

un grupo conciliador quien estará encargado de dar el juicio del debate establecido.

- ✓ Fuera de la controversia y el debate, se deja un tiempo para el dialogo sobre el juicio emitido por el grupo conciliador.

Otra meta que es alcanzada con la implementación de casos simulados en el aula de clases es la de fomentar habilidades argumentativas en los estudiantes siendo un excelente ejercicio de manifestación y proposición de ideas coherentes fundamentadas. Dado que la secuencia de enseñanza está relacionada con el tema de la síntesis y aplicación de la magnetita en la adsorción de Cr (VI) desde disolución acuosa, a continuación se presentan los referentes conceptuales en torno al tópico central de la secuencia.

3.7. PROPIEDADES Y SÍNTESIS DE NANO PARTÍCULAS MAGNÉTICAS DE HIERRO Fe_3O_4

Los óxidos de hierro han sido de gran importancia en el desarrollo social, tecnológico y económico de la humanidad. Se han empleado en pinturas, tintas magnéticas, sellos magnéticos en motores, instrumentos para memoria óptica, giroscopios, unidades de refrigeración magnética, marcado y separación celular, medios de contraste en angiología clínica, medio de transporte y liberación de medicinas e hipertermia con fluidos magnéticos. El Fe_3O_4 es conocido como magnetita y es un material magnético debido a que los momentos magnéticos definidos de los cationes están acoplados. La suma de los momentos magnéticos no compensados da características ferromagnéticas al material. (Powney, D.J; Collieu, A.M. 1977)

Un aspecto importante en la preparación de magnetita es el tamaño de partícula, puesto que los diferentes métodos dan como resultado un amplio margen de tamaños entre 1y 20 nm. El tamaño y la forma de la partícula definen las propiedades magnéticas de las partículas, por lo que dicha variedad de métodos pueden ser empleados para diferentes fines según se requiera. Otro aspecto fundamental es la estabilización del sol (partículas sólidas en líquido), es decir evitar que ocurran gradientes de concentración como consecuencia del cambio de dirección por choques entre las partículas (movimiento Browniano). La estabilidad del sol puede lograrse por medio de la adición de un surfactante adecuado que den estabilidad al coloide, creando repulsión para que las partículas no se acerquen y colisionen unas con otras.

El segundo procedimiento es crear una doble capa en las superficies de las partículas de la suspensión coloidal, con cargas netas que generen repulsión electrostática.

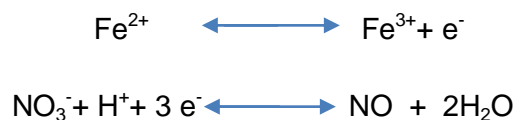
3.7.1 MÉTODO DE SÍNTESIS DE NANOPARTÍCULAS MAGNÉTICAS DE HIERRO

El método de síntesis empleado para la obtención de nano-partículas magnéticas de hierro fue adaptado del método hidrotermal descrito por Schwertman. U. y Cornell. RM en su trabajo titulado: *The Iron Oxides in the Laboratory*.

3.7.2 SÍNTESIS DE NANO PARTÍCULAS MAGNÉTICAS DE HIERRO POR EL MÉTODO HIDROTERMAL

Este método de síntesis es comúnmente empleado para obtener magnetita de tamaños menores a 100 nm controlando la temperatura a 90 °C en atmosfera inerte de nitrógeno (Schwertman. U. y Cornell. RM, 2000). El principio de esta reacción es la oxidación de una solución de Fe(II) por la presencia de un oxidante como es el ion NO_3^- en medio básico. Para alcalinizar la solución se emplea KOH o NaOH.

La reacción a estudiar es la siguiente:



Resulta de suma importancia la adición del ion nitrato NO_3^- en una cantidad tal que permita nada más la oxidación de las dos terceras partes de hierro divalente a hierro trivalente de acuerdo con la fórmula de la magnetita $\text{Fe}^{3+}[\text{Fe}^{2+}\text{Fe}^{3+}]\text{O}_4$ (Zapata, A.C, 2008). Según lo anterior, si se adiciona una cantidad de ion nitrato diferente a la estequiométrica se no se lograría la total precipitación de los iones ferroso y férrico como magnetita.

De acuerdo con el diagrama de *Pourbaix* para el hierro, el pH óptimo para precipitar los iones de hierro tras la oxidación se encuentra entre aproximadamente 8 y 14.

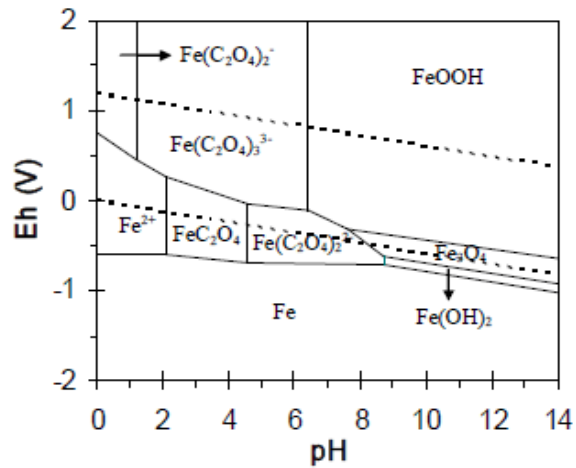


Figura 1. Diagrama de Pourbaix del Hierro. Imagen tomada de Walter, J. & Weber, Jr. 2003. Control de Calidad del agua. Procesos Físicoquímicos. Editorial Reverté S.A. ISBN 84-291-7522-9. Barcelona. Pág. 479

El montaje experimental es propuesto a partir de un *baño de agua* logrado en un recipiente con agua y una plancha de calentamiento con control de temperatura y agitación magnética.

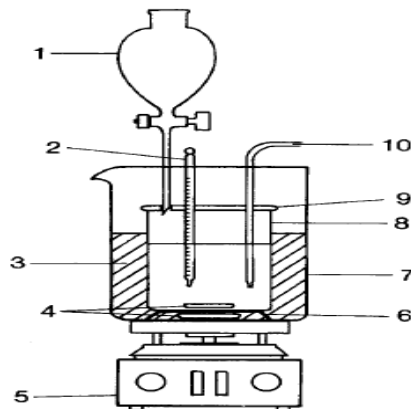


Figura 2. Montaje experimental. 1. Embudo de separación; 2. Termómetro; 3. Baño de agua; 4. Magneto; 5. Plancha de calentamiento con agitación magnética y control de temperatura. 6. Soporte para reacción; 7. Beaker externo usado para el baño de agua; 8. Soporte base; 9. Tapa plástica con orificios; 10. Entrada de Nitrógeno. Tomado de Schwertman. U. y Cornell. RM, (2000). Pág. 136.

4. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La investigación en el campo de la nanotecnología y en particular la abordada desde la química, es un nuevo campo del saber que se perfila como un conjunto de revoluciones interdisciplinarias que permitirá a la sociedad optimizar aspectos productivos y sociales (Quintili, 2012). Siendo este un innovador campo del saber que posee tanto beneficios como desventajas para con el medio ambiente y el ser humano. De acuerdo con lo anterior, resulta indispensable que las instituciones formadoras de profesores en ciencias y en particular en el campo de la enseñanza de la Química, propenda por el desarrollo de metodologías de enseñanza-aprendizaje que promuevan la comprensión de conceptos, habilidades y actitudes para la toma de decisiones frente a las implicaciones socio-ambientales y culturales de la nanotecnología.

Al realizar el análisis correspondiente de los programas curriculares de los espacios académicos del ambiente de formación científica e investigativa de la Licenciatura en Química de la Universidad Pedagógica Nacionales evidencio que los objetivos, núcleos probélicos, actividades experimentales y actividades de evaluación de estos espacios tienen poca o nula relación con procedimientos que pretendan contextualizar, debatir y participar en problemáticas e implicaciones relacionados con la nanotecnología, es decir, no se evidencia el fomento o motivación para la construcción de relaciones CTSA respecto de la nanotecnología en química.

Así, en respuesta a esta problemática evidenciada, se diseñó una secuencia de enseñanza-aprendizaje para el fomento de la construcción de relaciones CTSA en torno a la nanotecnología y al mismo tiempo enseñar conceptos de química referentes de la nanotecnología. Para ello se tiene en cuenta uno de los importantes avances tecno-científicos desarrollados desde la nanotecnología, como lo son las nano-partículas magnéticas de Hierro (magnetita) que poseen un amplio margen de aplicación en la medicina, conservación del recurso hídrico, y optimización de procesos industriales obteniendo este material por una vía sencilla y asequible.

En la secuencia de enseñanza-aprendizaje se abordan los conceptos relacionados propiedades de materiales nano-particulados y en especial la magnetita involucrando

el uso de este material en una cuestión socio-científica presentada en una noticia verosímil relacionada con la implicación del uso de nanotecnologías en la remoción de cromo hexavalente de las aguas residuales de curtiembres, actividades de debate y participación (Juego de roles) y finalmente actividades de evaluación. Este conjunto de actividades se definen como pilares de la estructuración metodológica de la secuencia de enseñanza aprendizaje. Con esta secuencia de enseñanza, el profesor en formación inicial puede conocer y evaluar las implicaciones a nivel científico, tecnológico, económico, social, cultural y ambiental que surgen de la actividad de este caso particular relativo a emergente campo del saber, la nanotecnología en química. Así, realizando una construcción de relaciones CTSA por parte del profesor en formación inicial y un aprendizaje de conceptos generales de los materiales nanoparticulados respecto a este campo del saber.

Este trabajo de investigación parte del hecho de que en la Universidad Pedagógica Nacional en el programa curricular de licenciatura en química no se ha tenido en cuenta el fomento de relaciones CTSA con respecto a la nanotecnología en química, desde esta perspectiva, la pregunta que orienta este trabajo de investigación es: ¿Qué tipo de relaciones CTSA se pueden fomentar en el estudiantado del Énfasis Disciplinar: Sistemas electroquímicos, del programa curricular de Licenciatura en química de la Universidad Pedagógica Nacional, a partir de la implementación de una secuencia de enseñanza-Aprendizaje CTSA relacionada con la síntesis de nanopartículas magnéticas de hierro?

5. OBJETIVOS

5.1. OBJETIVO GENERAL

- ✓ Fomentar el establecimiento de relaciones CTSA en los estudiantes del énfasis disciplinar I: Sistemas electroquímicos de la Universidad pedagógica Nacional a partir de la estructuración e implementación de una secuencia de enseñanza-aprendizaje relacionada con la síntesis y uso de nano-partículas magnéticas de hierro.

5.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- ✓ Identificar las relaciones CTSA y conceptos previos relacionados con el campo de investigación de la nanotecnología en química
- ✓ Estructurar e implementar una secuencia de enseñanza desde el enfoque CTSA fundamentada en la síntesis de nano-partículas magnéticas de hierro.
- ✓ Identificar las relaciones CTSA establecidas y el aporte conceptual en los estudiantes posteriores a la implementación de la secuencia de enseñanza.

6. METODOLOGÍA

En este apartado se describirá las fases o etapas desarrolladas para esta investigación. También se esbozará la línea de investigación, el tipo y carácter de la misma y la población con la cual se trabajó.

Este trabajo de investigación se enmarca en la línea de incorporación de la educación ambiental al currículo de ciencias: del grupo Didáctica y sus Ciencias del departamento de Química de la Universidad Pedagógica Nacional, donde se propone solucionar problemáticas de carácter científico, técnico y ambiental, en diferentes comunidades sociales, culturales y educativas del país y lograr progresos de carácter cualitativo y cuantitativo favoreciendo así las relaciones interinstitucionales y multidisciplinarias.

6.1 TIPO Y CARÁCTER DE LA INVESTIGACIÓN

Esta investigación tiene un carácter cualitativo debido a que las actividades propuestas y los instrumentos de recolección de información permiten categorizar las relaciones CTSA que pueden establecer los estudiantes antes y después de la aplicación de la secuencia de enseñanza propuesta.

Esta investigación se perfila como una propuesta metodológica dentro del currículo de la enseñanza de la química, para fomentar el establecimiento de las relaciones CTSA por parte de la comunidad involucrada. Las actividades y los resultados obtenidos a partir de la aplicación de la presente propuesta servirán a la comunidad como antecedente para proyectos de investigación futuros en los que se pretendan diseñar e implementar propuestas didácticas de enseñanza de la química desde un enfoque ambiental y como referente metodológico estructurador de las propuestas curriculares

para la enseñanza de la química desde el enfoque CTSA, específicamente en temáticas relacionadas con la nanotecnología.

Para el desarrollo de la investigación se definieron cuatro etapas: la primera etapa es la fase de la identificación y delimitación del problema de investigación así como la fundamentación teórica, en donde se definen los aspectos conceptuales y prácticos. La segunda etapa pertenece a la fase de caracterización de la población involucrada en la investigación. La tercera etapa corresponde a la caracterización de las relaciones CTSA que los docentes en formación inicial establecen en torno al campo del saber de la nanotecnología, específicamente en la química. Finalmente, la cuarta etapa pertenece a la aplicación de la secuencia de enseñanza diseñada y análisis de resultados alrededor del establecimiento de relaciones CTSA por los estudiantes y el aporte conceptual.

6.2 ESCENARIO Y POBLACIÓN

Las actividades previas de síntesis y caracterización del material (Magnetita) se realizaron en la Universidad de Los Andes Bogotá Colombia, en el grupo de Investigación de calorimetría y sólidos porosos.

Este proyecto de investigación se realizaron en el Énfasis disciplinar I: Sistemas Electroquímicos. Dicho grupo cuenta con una población de 14 (catorce) estudiantes que pertenecen a noveno semestre de la Licenciatura en Química de la Universidad Pedagógica Nacional; las actividades planteadas en la secuencia de enseñanza se realizaron en las aulas y laboratorios de química de esta institución.

A continuación, se describirá el desarrollo metodológico de cada una de las etapas de esta investigación.

6.3 ESQUEMA METODOLÓGICO

En el siguiente esquema se muestran las etapas metodológicas propuestas en esta investigación:

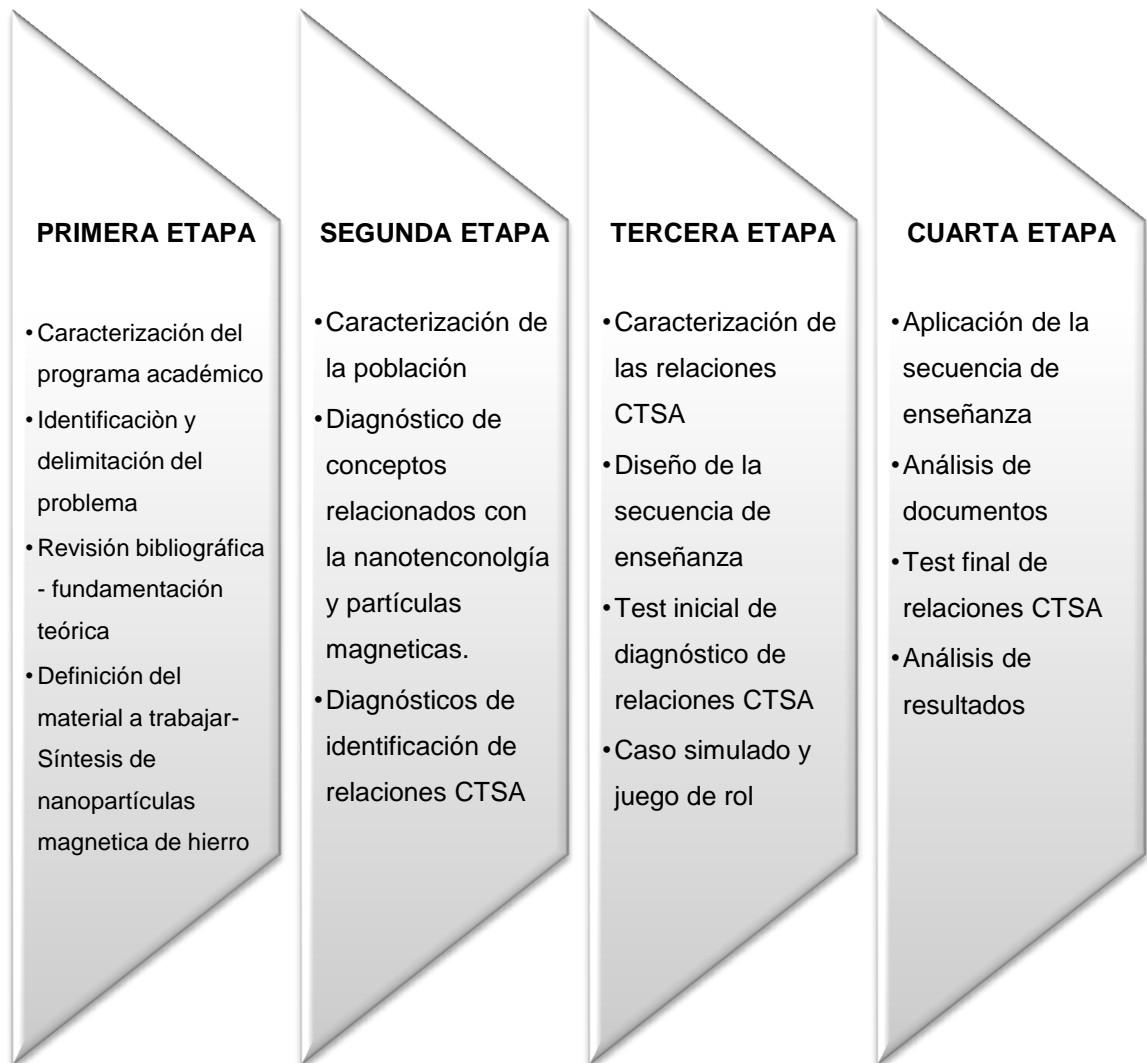


Figura 3. Esquema metodológico

6.4 PRIMERA ETAPA

6.4.1 CARACTERIZACIÓN DEL PROGRAMA ACADÉMICO

Se analizó de manera cualitativa la propuesta curricular de los espacios académicos de acuerdo con la rejilla o rúbrica de análisis propuesta por Arias, I. X; Buesaquillo, A; Cardozo, E; Espejo, S; Lambrano, J; Franco, F; Martínez, L. F (2012). Esto se realizó en búsqueda de objetivos y actividades que pretendan propiciar el establecimiento de relaciones CTSA entorno a la nanotecnología. Los espacios académicos que se tuvieron en cuenta fueron: Sistemas inorgánicos I y II, sistemas Orgánicos I y II, Sistemas Fisicoquímicos I y II y Énfasis disciplinar I: Sistemas Electroquímicos. (Anexo 7)

6.4.2 DELIMITACIÓN DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

El problema y la pregunta problema que guió la investigación se delimitó en esta sección de la primera etapa de la investigación, a partir de la caracterización cualitativa del programa académico de los espacios académicos anteriormente mencionados.

6.4.3 REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

Se llevó a cabo la revisión bibliográfica que se consideró como soporte conceptual a lo largo de la investigación y los antecedentes relacionados con la nanotecnología, abordada desde el campo de investigación CTSA. También se realizó el estudio de referentes teóricos pertinentes de la nanotecnología en química bajo el marco de las implicaciones ambientales, las relaciones CTSA, conceptos y metodologías para la síntesis de nano-partículas magnéticas, casos simulados, cuestiones socio-científicas y secuencias dialógicas de enseñanza.

A partir de esta revisión bibliográfica, se planteó la metodología empleada para sintetizar y caracterizar las nano-partículas magnéticas de hierro que se utilizaron en la secuencia de enseñanza. La finalidad de estas actividades experimentales previas fue la de conocer las vías de obtención de este material.

6.4.4 SINTESIS Y CARACTERIZACIÓN DE NANO-PARTÍCULAS MAGNÉTICAS DE HIERRO

En el método de Schwertman. U. y Cornell. RM, en donde se propone emplear sulfato de hierro (II) heptahidratado $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$, Nitrato de Potasio KNO_3 e hidróxido de Potasio KOH . Sin embargo para esta síntesis se empleó Cloruro de Hierro (II) tetrahidratado $\text{FeCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$, Nitrato de sodio NaNO_3 anhidro e Hidróxido de Sodio NaOH . Todos estos reactivos empleados tienen grado analítico. Aparte de esta modificación en cuanto al empleo de reactivos, se empleó un matraz de tres bocas, con tapones mono-horadados. A excepción de esto, el montaje fue seguido según el procedimiento expuesto anteriormente al que se presentó en el capítulo de marco referencial.

6.4.4.1 SÍNTESIS

Para obtener 0.006 Kilogramos de magnetita se pesaron 0.01546 Kilogramos de $\text{FeCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ y se llevaron a un matraz de 0.100 L y se completó hasta el aforo con agua destilada en atmosfera inerte de N_2 . Aparte, se preparó una solución que contiene 0.000948 g de NaNO_3 y 0.00722 g de NaOH en 0.085 L de agua en atmosfera inerte de N_2 .

Se calentó la solución de $\text{FeCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ en el matraz reactor de tres bocas con desaire de nitrógeno burbujeando al interior de la solución hasta que alcanzó una temperatura entre 348.15 K y 358.15K. Una vez alcanzada esta temperatura se adicionó con el embudo de separación la solución de nitrato de sodio alcalina. Inmediatamente se observó un cambio de coloración en la solución., de anaranjado-amarillo a negro azuloso y a medida que transcurrió la reacción se tornó negra la solución. Se mantuvo la temperatura y la agitación por 45 minutos aproximadamente.

Se separó la magnetita de la solución transparente por inducción magnética empleando un imán de neodimio. Posteriormente se re-dispersaron en 0.025 L de etanol absoluto y 0.025 L de agua, repitiendo este último paso 3 veces. Luego se separó por inducción magnética en una caja de Petri y se llevó a un dedal para realizar un reflujo con agua destilada en el aparato de Soxhlet. Se llevó nuevamente a un dedal y se realizó reflujo. Se llevó a una estufa a 338.15 K por 48 Horas. Por último se maceró y se guardó.

Una vez sintetizado el material se realizó la caracterización por medio de las técnicas instrumentales de Infrarrojo (IR), Difracción de rayos X (DRX). Análisis Termogravimétrico (TGA).

6.5 SEGUNDA ETAPA

6.5.1 DIAGNÓSTICO DE RELACIONES CTSA

Se realizó una prueba diagnóstica para identificar relaciones CTSA y los conceptos relacionados con nano-partículas magnéticas previos a la secuencia de enseñanza, tales como: adsorción, área superficial, catálisis, magnetismo, etc. Para ello se utilizó el instrumento número 1. (Anexo 1)

6.6 TERCERA ETAPA

6.6.1 DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE LA SECUENCIA DE ENSEÑANZA

Se estructuraron e implementaron las siguientes actividades de manera secuencial relacionada con la síntesis y uso de las nano-partículas magnéticas de hierro:

- 1) La revisión de lecturas y de textos, artículos de la nanotecnología y las nano-partículas magnéticas**

En este primer momento de la secuencia de enseñanza se realizó la lectura de artículos relacionados con la nanotecnología, con la finalidad de propiciar una posición crítica por parte del estudiante con respecto a las implicaciones e impacto de la nanotecnología en la sociedad en general.

2) Fundamentación teórica acerca de las nano-partículas magnéticas de hierro: propiedades, usos y métodos de síntesis.

En este momento se realizó una intervención educativa por parte del investigador al grupo de estudiantes acerca de los conceptos científicos en química, que son indispensables para comprender las propiedades y características de un material nano-particulado como lo es la magnetita. Estos conceptos fueron de suma importancia durante el desarrollo del juego de roles.

3) Laboratorio 1: Síntesis de nano-partículas magnéticas de Hierro vía Hidrotermal

A partir de la guía de laboratorio número 1 (Anexo 2) se sintetizó la magnetita que fue empleada en un estudio de adsorción como herramienta para la apropiación y construcción de conceptos relacionados con el material y su capacidad adsorbente. Asimismo, los resultados obtenidos en el proceso de adsorción de Cr (VI), presente en disolución acuosa sobre la magnetita sintetizada por cada grupo, permitió analizar los alcances de esta tecnología como método de mitigación de la contaminación producto del vertimiento de cromo a las aguas residuales y que posteriormente fueron utilizados en el juego de roles. Se empleó una modificación en el método Hidrotermal, con la intención de hacer simple y asequible la obtención de nano-partículas de Hierro.

4) Primera sesión: Juego de Roles:

Se abordó una problemática socio-científicas partir de una noticia verosímil relacionada con la síntesis y aplicación de nano-partículas magnéticas. Se realizó la asignación de los roles por grupos de trabajo. Los estudiantes elaboraron y sustentaron los argumentos y posición crítica del rol asignado a través de las lecturas y el material empleado relativo a la magnetita y sus principales propiedades.

5) Laboratorio 2: Adsorción de cromo (VI) sobre magnetita

Partiendo de la guía de laboratorio número 2 (Anexo 4) se realizó el estudio de adsorción de cromo (VI) sobre la magnetita sintetizada. Los resultados experimentales y lo evidenciado de esta trabajo práctico de laboratorio permitió a los grupos de estudiantes con sus respectivos roles participar en la controversia, al esclarecer dos aspectos importantes de la cuestión socio-científica: a) La capacidad de adsorción de la magnetita y b) Las implicaciones sociales, tecnológicas, científicas, culturales y ambientales que subyacen del uso de este material, teniendo en cuenta referentes teóricos ya abordados y los consultados por cada grupo de estudiantes según su rol.

6) Segunda sesión Caso Simulado

Se retomó la discusión planteada en la primera sesión del caso simulado, teniendo en cuenta los resultados de laboratorio de adsorción del contaminante Cr (VI), llegando a acuerdos y conclusiones finales.

7) Informe de laboratorio y evaluación de conceptos

Los estudiantes presentaron un informe de laboratorio en donde se recopilaron y analizaron los resultados de actividades experimentales, por medio de cuestionarios referentes a los conceptos involucrados en la práctica y una reflexión final formulada desde las actividades realizadas, tanto experimentales como de revisión de documentos.

6.7 ACCIÓN DE EVALUACIÓN

Se implementó un último instrumento para identificar la construcción de relaciones CTSA por los estudiantes teniendo como referencia el test Inicial, también se evaluaron conceptos relacionados con la magnetita y sus propiedades.

6.8. INSTRUMENTOS EMPLEADOS PARA LA RECOLECCIÓN DE DATOS

6.8.1 TEST INICIAL DIAGNÓSTICO DE RELACIONES CTSA

Este instrumento (anexo 1) se tomó y adaptó de Martínez, L. F & Rojas, A, P (2006), para conocer el estado, de las relaciones CTSA previas a la secuencia de enseñanza. Consta de un test tipo Likert de doce preguntas en donde los ítems 4, 6 y 7 corresponden a afirmaciones positivas o adecuadas para abordar las relaciones CTSA referentes a la nanotecnología. Los ítems 1, 5 y 12 corresponden a afirmaciones negativas o no adecuadas para abordar las relaciones CTSA referentes a la nanotecnología. Los ítems 8, 9 y 10 corresponden apreciaciones conceptuales adecuadas relacionadas con la nanotecnología y la cuestión socio-científica que se va a abordar. Y los ítems 2, 3 y 11 corresponden apreciaciones conceptuales no adecuadas relacionadas con la nanotecnología y la cuestión socio-científica que se va a abordar. Esta prueba tiene como finalidad medir la tendencia que tienen los encuestados para valorar situaciones que representen relaciones CTSA.

La escala está definida entre cinco posibles respuestas como lo son: completamente en desacuerdo, desacuerdo, no sé qué decir (representa un estado de indecisión), de acuerdo, completamente de acuerdo, cada una de estas teniendo un valor de 1, 2, 3, 4, 5 respectivamente, asignándosele un rango de escala de tres rangos posibles de escala cada uno correspondiente a una posible clasificación, tanto para apreciaciones conceptuales, como para relaciones CTSA:(NA) no adecuadas, (PA) Parcialmente adecuadas y (A) adecuadas.

Este instrumento se analizó a partir de la siguiente matriz de análisis:

Criterios de análisis:

- **Análisis de los ítems correspondientes con la construcción de relaciones CTSA y clasificarlas entre adecuadas, parcialmente adecuadas y no adecuadas a partir de los puntajes obtenidos.**
- **Análisis de los ítems correspondientes a las apreciaciones conceptuales no adecuadas, parcialmente adecuadas y adecuadas relacionadas con la nanotecnología**

Categoría de análisis	No. Categoría	Rangos de escala	Clasificación
Disposición inadecuada para establecer relaciones CTSA.	1	1-5	(NA)
Apreciaciones conceptuales inadecuadas relacionadas con la nanotecnología.	2		
Disposición parcialmente adecuada (plausible) para establecer relaciones CTSA.	1	6-10	(PA)
Apreciaciones conceptuales parcialmente adecuadas relacionadas con la nanotecnología.	2		
Disposición adecuada para establecer relaciones CTSA.	1	11 – 15	(A)
Apreciaciones conceptuales adecuadas relacionadas con la nanotecnología.	2		

Tabla 4. Matriz de análisis 1

6.8.2 SECUENCIA DE ENSEÑANZA: RECURSOS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN

6.8.2.1 Lectura y revisión bibliográfica

Se propone la actividad de lectura y revisión de las siguientes lecturas con la finalidad de contextualizar al estudiante en lo que respecta a la nanotecnología y su implicación en las dimensiones ambiental, cultural, social, tecnológica, cultural y ética; y del mismo modo, para mostrar las propiedades, características e importancia de las de las nanopartículas de hierro. Estos principales conceptos serán de suma importancia en las actividades del juego de rol.

Por otro lado se mostrará el método de síntesis de nano partículas magnéticas de hierro por vía hidrotermal y su similitud y diferencias respecto a otros métodos de síntesis de este material.

6.8.2.2 Noticia y juego de rol

Se empleó una noticia verosímil (anexo 3) diseñada a partir de una cuestión socio-científica que corresponde a la problemática socio ambiental, económico, tecnológico y cultural, siendo esta la de la contaminación ambiental por la actividad económica e industrial de las curtiembres ubicadas en los municipios de Chocontá y Villa Pinzón Cundinamarca. Siendo la problemática central la implementación de una nueva tecnología para la descontaminación por Cromo (VI) de aguas residuales de las curtiembres.

6.8.2.3 Descripción de la cuestión socio-científica empleada

K.M Sheriffa y N. Anantharaman (2009) afirman que el cromo hexavalente es uno de los metales pesados más tóxicos presentes en los efluentes industriales. Afirman Sheriffa y Anantharaman que “Sobre la base de sus efectos crónicos, ha sido clasificado por la EPA como un carcinógeno del Grupo A. Un gran número de estudios han indicado que el cromo (VI) induce el estrés oxidativo, daño en el ADN y el cáncer de pulmón (Stohs et al. 2000)”

El proceso de *curtido al cromo* genera residuos peligrosos y entre ellos el cromo (VI). A partir de esto se ha generado una controversia en donde han intervenido organismos de control ambiental Regionales, así la Corporación Autónoma Regional (CAR), tomando la determinación de sancionar y clausurar muchas de estas industrias. Sin embargo, la CAR exige el tratamiento de estos desechos antes de que sean vertidos a afluentes como el Río Bogotá.

Para relacionar esta cuestión socio-científica con la nanotecnología y en específico con el uso de nano-partículas magnéticas de hierro se supone el hecho de que una de las alternativas para solucionar la problemática es la de implementar una novedosa tecnología de tratamiento para remover el cromo (VI) de los residuos y desechos del proceso de curtimiento de cada fábrica, empleando magnetita (Fe_3O_4). Para esto se delega un comité científico que evalúa la viabilidad del proyecto en términos de la capacidad de adsorción, y de los posibles riesgos ambientales que se puedan estar presentes por la implementación de esta tecnología. A parte de esto los diferentes sectores de la comunidad debatirán las diferentes alternativas para solucionar esta problemática a la luz de los resultados del estudio científico realizado.

6.8.2.4 Asignación de roles a grupos de trabajo

A continuación se enuncian y se definen los roles que se abordarán para el debate.

- *La comunidad Educativa del sector:* Esta comunidad es comprendida como los colegios y universidades que se verán afectados por el cierre de las curtiembres y por la contaminación.
- *El comité científico:* Esta comunidad tendrá que evaluar los dos aspectos más importantes del novedoso material que adsorberá el Cromo (VI): 1) La capacidad de Adsorción y 2) Los posibles peligros para el medio ambiente y los ecosistemas en donde se aplicará y verterá la magnetita después de adsorber el Cr(VI)
- *Los dueños de las Curtiembres:* Este sector o grupo de personas debe optar por la decisión de la comunidad científica para implementar un reactor para tratar desechos contaminados con Cr (VI). Sabiendo que esto es condición del gobierno y los organismos de control para re-abrir las fábricas. También, hay que tener en cuenta, como aspecto importante para esta comunidad, los factores económicos, sociales y culturales que conlleva el cierre, la penalización que propone el estado.
- *El gobierno:* El gobierno local y nacional buscan implementar alternativas para reabrir las fábricas. Siendo estas tales como, implementar técnicas de purificación o tratamiento de aguas residuales contaminadas con cromo (VI). También proponen contratar una multinacional para que se le contrate para instalar el reactor para la purificación. El gobierno propone financiación, créditos etc.
- *La CAR (Organismo de control ambiental):* Este organismo realiza las investigaciones en las curtiembres que están contaminando los suelos, los ríos y los sembrados. Este organismo sostiene las acusaciones y pide sanciones de cierre de las curtiembres que no tengan plantas o técnicas de tratamiento de desechos.
- *Los habitantes del sector:* Esta comunidad comprende todos los habitantes y personas que viven en estos municipios. Ellos han enviado unos representantes que recogen las opiniones de la comunidad. Algunos están en contra de los cierres

y otros están a favor debido a la contaminación y los perjuicios que conlleva esta actividad.

La postura crítica argumentada de cada rol será analizada a partir la siguiente matriz de análisis que combina las categorías 1 y 2. En donde se clasificaron las relaciones CTSA construidas entre (A) adecuado, (PA) parcialmente adecuado y (N) no adecuado. La clasificación adecuada (A) se caracteriza por esta matriz de análisis es tomada y adaptada de (Montenegro, 2007)

Criterios de análisis:		
- Análisis de los registros del juego de roles e informes de laboratorio para la construcción de relaciones CTSA y clasificarlas entre adecuadas, parcialmente adecuadas y no adecuadas.		
Categoría de análisis	No. Categoría	Clasificación
Los estudiantes presentan opiniones críticas y reflexivas no adecuadas respecto a relaciones CTSA.	1	(NA)
Los estudiantes hacen apreciaciones conceptuales inadecuadas relacionadas con la nanotecnología.	2	
Los estudiantes presentan opiniones críticas y reflexivas parcialmente adecuadas (plausibles) respecto a relaciones CTSA.	1	(PA)
Los estudiantes hacen apreciaciones conceptuales parcialmente adecuadas relacionadas con la problemática.	2	
Los estudiantes presentan opiniones críticas y reflexivas adecuadas respecto a relaciones CTSA.	1	(A)
Los estudiantes hacen apreciaciones conceptuales adecuadas relacionadas con la problemática.	2	

Tabla 5. Matriz de análisis 2

La categoría de análisis 1 hace referencia a las relaciones CTSA que puede establecer el estudiante. La categoría de análisis 2 hace referencia a los conceptos que emplea para explicar ciertos fenómenos.

El nivel no adecuado (ND) se alcanza cuando el estudiante no consideró conceptos científicos ni tampoco mostró una actitud reflexiva y crítica frente a las diversas implicaciones del caso. El nivel parcialmente (PA) adecuado se alcanza cuando el estudiante logra establecer algunas relaciones CTSA evidenciadas través de la postura crítica, pero no explica y justifica las opiniones presentadas en base de conceptos científicos de manera correcta y coherente. El nivel adecuado (AD) se alcanza cuando se evidencia la construcción de relaciones CTSA y se emplean conceptos científicos de forma adecuada.

6.9. CUARTA ETAPA

6.9.1 Análisis de Documentos

Se analizó el informe de laboratorio realizado por los docentes en formación como producto de la actividad experimental. En este informe se evalúan los conceptos relacionados con las propiedades y características de la magnetita. Se empleó la guía de laboratorio 1 y 2 (anexos 2 y 4)

6.9.2 Test Final de Relaciones CTSA

Con este test se pretende medir la construcción de relaciones CTSA de los estudiantes posterior a la intervención realizada a través de la secuencia de enseñanza. Esta parte del test se analizará a partir de la matriz de análisis 1. Este instrumento (Anexo 4) se diseña con la intención de medir la tendencia que tienen los profesores en formación inicial para identificar y evaluar relaciones CTSA y para realizar apreciaciones conceptuales después del proceso de la secuencia de enseñanza, en donde se construyeron relaciones CTSA y adecuaron conceptos relacionados con la magnetita y sus propiedades. (Anexo 6)

7. RESULTADOS Y ANÁLISIS

A continuación se presentan los resultados obtenidos en la síntesis y caracterización, los cuales hacen parte de la estructura conceptual bajo la cual se estructuró la secuencia de enseñanza fundamentada en el enfoque CTSA dirigida a los profesores en formación del espacio académico de énfasis disciplinar I: sistemas electroquímicos. En segundo lugar se presentan los resultados del test inicial de relaciones CTSA bajo las categorías de análisis 1 y 2. En tercer lugar se presentan los resultados de la práctica de laboratorio 1. Después se presentan los resultados y acuerdos de la sesión de juego de roles 1. En quinto lugar se presentan los resultados de la práctica de laboratorio de adsorción de Cr (VI) en magnetita. En sexto lugar se presentan los resultados del registro y argumentos de las sesiones de juego de roles 1 y 2. Posteriormente se analizaron los resultados de los informes de laboratorio en busca de la caracterización de los conceptos relacionados con la nanotecnología. Por último se muestran los resultados del test final de relaciones CTSA y conceptos relacionados con la nanotecnología. Todos estos resultados son también y discutidos analizados en esta sección respectivamente.

7.1 SINTESIS Y CARACTERIZACIÓN DE NANO-PARTÍCULAS MAGNÉTICAS

En este apartado se muestran los resultados de la caracterización del material nanoparticulado sintetizado en la Universidad de los Andes de Colombia. La caracterización es indispensable para emplear el material (magnetita) en la secuencia de enseñanza, las pruebas realizadas son: FTIR, DRX, y TGA.

7.1.1 ESPECTROSCOPIA DE INFRARROJO

Se realizó un análisis del espectro infrarrojo de la magnetita sintetizada y se comparó con las bandas de adsorción de un espectro de infrarrojo patrón de una magnetita comercial. En la *tabla 1* se muestran las bandas de absorción de la magnetita comercial *MC* y la magnetita sintetizada *MS*.

	Banda Común	MC	MS
Fe-O	375 cm ⁻¹	440 cm ⁻¹	449.46 cm ⁻¹
Fe-O	570 cm ⁻¹		578.38 cm ⁻¹
O-H		1640 cm ⁻¹	1631.18 cm ⁻¹
O-H, H₂O	3125 – 3500 cm ⁻¹	3497 cm ⁻¹	3436.26 cm ⁻¹

Tabla 6. Bandas comunes MC (magnetita comercial), MS (magnetita sintetizada)

Figura 4. Espectro de infrarrojo de magnetita comercial y magnetita sintetizada vía hidrotermal

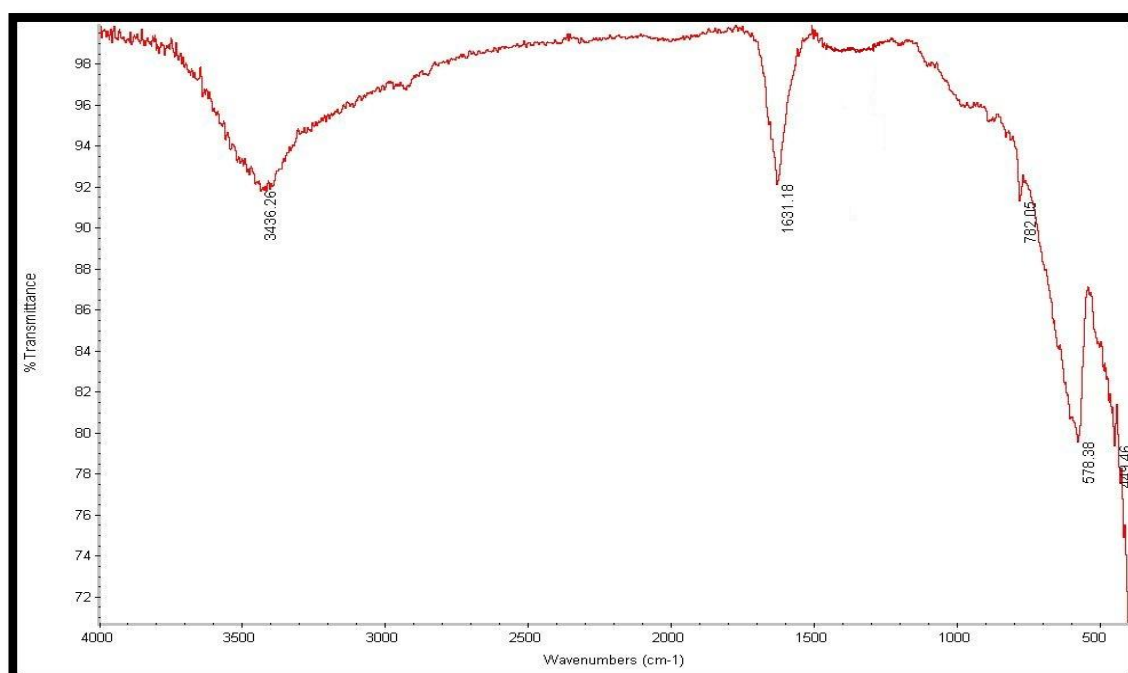


Figura 4.1. Espectro infrarrojo Magnetita sintetizada vía Hidrotermal

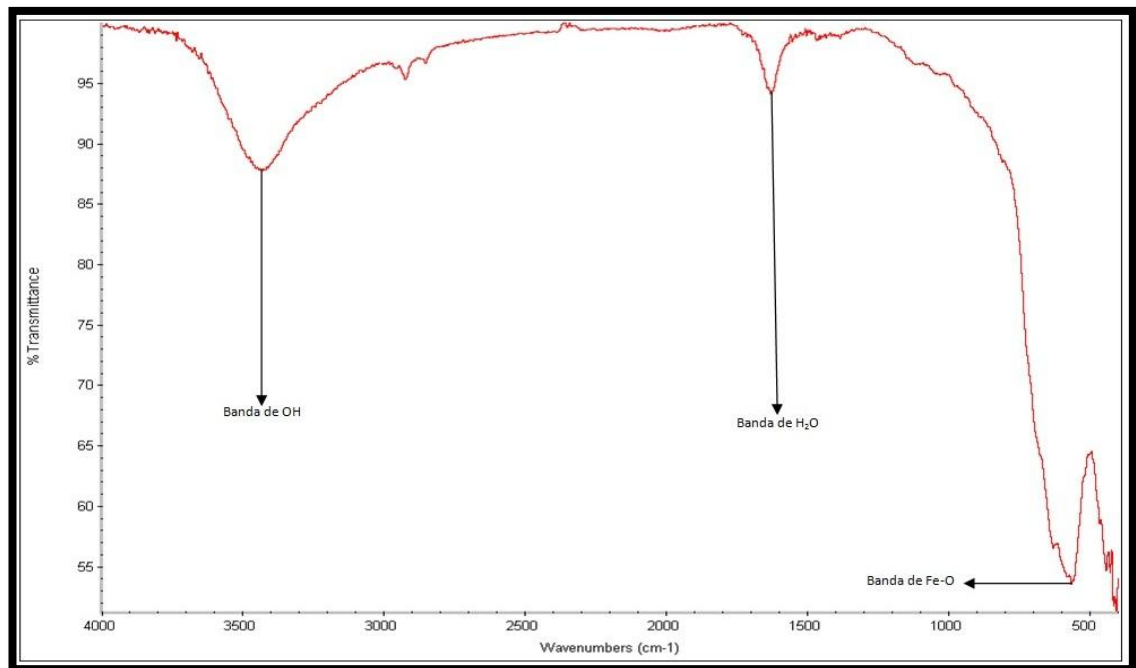


Figura 4.2. Espectro infrarrojo magnetita comercial

Las bandas de absorción aproximadas a 580 cm^{-1} son características de la magnetita, siendo atribuidos a la vibración tensión del enlace Fe-O. También la banda de absorción cercana a 440 cm^{-1} es representativa de la magnetita (Schwertman. U. y Cornell. RM, 2000). La presencia de las bandas 3436.26 cm^{-1} y 1631.18 cm^{-1} son atribuidas a la presencia de agua fisi-sorbida en la magnetita. La anchura de la banda 3436.26 cm^{-1} corresponde a los puentes de hidrógeno presentes, lo que confirma la presencia de agua. Esto puede ser atribuible para los dos espectros mostrados, para magnetita comercial, como para la sintetizada. (Urquijo, 2007)

7.1.2 Difracción de Rayos X (DRX)

En la figura 4 se muestran el difractograma de la magnetita sintetizada *MS*. El difractograma fue suavizado y se sustrajo la línea base por medio del programa Origin Pro 8 versión de prueba.

A continuación se muestran las condiciones del análisis. Se empleó una radiación de cobre con longitud de onda $\lambda = 0.15482$ nm.

CONDICIONES DE ANÁLISIS	
Angulo inicial	5
Angulo final	70
Barrido	0,05
Velocidad	2/min

Tabla 7. Condiciones de análisis de difracción de rayos X

La *tabla 3* muestra los resultados de los ángulos de difracción (2θ), la distancia interplanar d y los valores *Full width at halfmáximum* o *ancho total a media altura*. Al sustraer la línea base y suavizar el difractograma se obtienen los ángulos de difracción de la nano-partícula sintetizada. Se muestra también los valores (2θ) de magnetita estándar (tomados de la bibliografía) y la magnetita comercial.

Los valores de 2θ para la magnetita estándar son similares que los obtenidos en el análisis del difractograma de la magnetita sintetizada.

2θ MC	2θ ME	2θ MS	$d(\text{Å})$ MS	FWHMms
-	18.28	18,486	4,7958	0,219
30,24	30.10	30,34	2,9436	0,205
-	31.35	-	-	-
35,6	35.45	35,696	2,5132	0,286
-	37.13	37,337	2,4065	0,28
43,26	43.12	43,339	2,0861	0,313
-	-	-	-	-
-	53.48	53,614	1,708	0,378
57,32	57.01	57,149	1,6105	0,322
62,88	-	62,788	1,4787	0,321

Tabla 8. Ángulos de planos de difracción MC, ME y MS.

Distancia interplanar d y FWHM MS

Los planos de difracción de la magnetita que se calcularon con los valores de MS son 220, 311, 222, 400, 422, 511 y 440, de acuerdo con esto se evidencia que se obtuvo magnetita de forma cúbica.

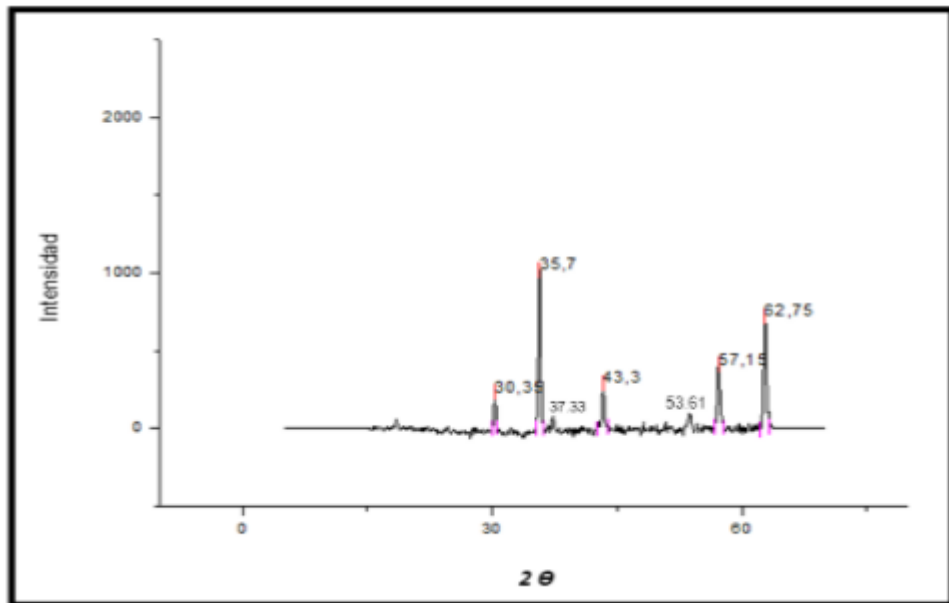


Figura 5. Difracto-grama magnetita sintetizada MS

El tamaño de partícula que posee esta magnetita sintetizada MS se calculó a través de la ecuación de *Schererr* empleando el valor de 2θ que posee más intensidad de la figura 5.

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

Donde K es una constante de valor 0.9, $\lambda = 1.5482$ nm es la longitud de onda de la radiación de cobre que incide en los planos, θ es el ángulo que genera mayor difracción y β es Full width at halfmáximum del pico más intenso. El valor en nanómetros de la partícula obtenida es 29.2 nm.

7.2 Test inicial de relaciones CTSA

Este test fue empleado para indagar a cerca de las relaciones CTSA de los profesores en formación inicial respecto de la nanotecnología y de los conceptos previos referentes a las propiedades de la magnetita.

Debido a que en este instrumento se presentan afirmaciones de relaciones CTSA y apreciaciones conceptuales no adecuadas o negativas, se emplea una relación matemática para que el puntaje de estas afirmaciones no adecuadas sea comparable con el puntaje de los ítems de relaciones CTSA y apreciaciones conceptuales positivas o adecuadas. La relación o ecuación es la siguiente:

$$(Valor\ de\ la\ escala + 1) - puntaje\ obtenido = Valor\ real$$

Los resultados obtenidos al aplicar esta prueba a la población de 14 personas se muestran a continuación según las categorías de análisis 1 y 2.

7.2.1 Categoría de análisis 1. Relaciones CTSA frente a la nanotecnología en química

Los ítems 4, 6 y 7 expuestos en el instrumento corresponden a relaciones CTSA adecuadas o positivas hacia la nanotecnología. El ítem 4 muestra la importancia de evaluar y concentrar los riesgos y beneficios de emplear una nueva tecno-ciencia como lo es la nanotecnología en donde es adecuado asignarle una alta calificación según las posibilidades de respuesta propuestas en el instrumento. A su vez el ítem 6 hace referencia a los aspectos sociales, culturales y medioambientales que se deben tener en cuenta a la hora de desarrollar y emplear la nanotecnología. El ítem 7 hace referencia a la importancia de poner a la ciencia (en este caso la nanotecnología) al servicio del bienestar e integridad social, en cuanto a cuidado del medioambiente y desarrollo económico.

Los resultados obtenidos en el test al respecto de estos ítems fueron:

Nº Estudiante	Ítem 4	Ítem 6	Ítem 7	Total
1	4	5	4	13
2	4	5	3	12
3	4	5	1	10
4	3	5	5	13
5	4	4	2	10
6	4	5	4	13
7	4	5	3	12
8	4	4	2	10
9	4	4	1	9
10	4	4	3	11
11	4	5	3	12
12	4	2	5	11
13	5	5	4	14
14	4	3	4	11

Tabla 9. Resultados de ítems categoría de análisis 1: Afirmaciones de relaciones CTSA positivas respecto a la nanotecnología en química

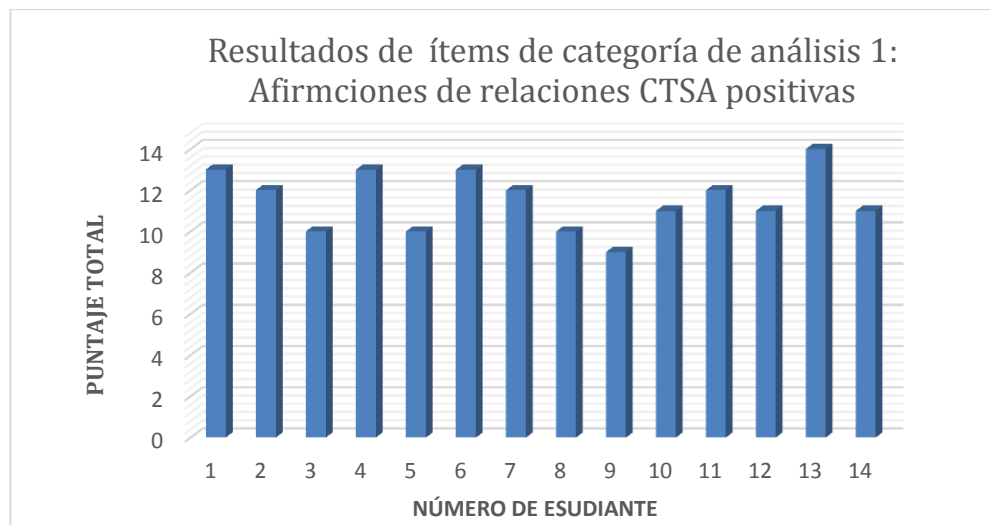


Figura 6. Resultados de los ítems de afirmaciones de relaciones CTSA positivas respecto a la nanotecnología en química

De acuerdo con la categoría de análisis 1, a cerca de la disposición para establecer relaciones CTSA hacia la nanotecnología, se puede ver en el gráfico 7 que la tendencia a establecer relaciones CTSA adecuadas es mayor en la mayoría de los estudiantes, obteniendo puntajes entre 11-15, sin embargo los demás encuestados

obtuvieron puntajes entre 5-10. Por lo que se afirma que los estudiantes 1, 5, 8 y 9 establecen relaciones CTSA parcialmente adecuadas.

Los resultados obtenidos en los ítem 1, 5 y 12 se presentan en la tabla 5. Estos hacen referencia a afirmaciones que no son adecuadas para referirse a relaciones CTSA respectivas a la nanotecnología. En estos ítems, el encuestado debe darle una valoración según lo pertinente que encuentre las afirmaciones. Siendo estas afirmaciones negativas, lo adecuado se encontraría en asignar el valor mínimo, expresando total desacuerdo. Lo parcialmente adecuado se obtiene si el estudiante expresa un estado de indecisión, en donde le asigna valores medios a los ítems, y lo no adecuado se alcanza si el estudiante asigna valores altos, permitiendo así afirmar que el encuestado posee actitud negativa para abordar algunas relaciones CTSA.

Nº Estudiante	Ítem 1	Ítem 5	Ítem 12	Conversión			Total
				Ítem 1	Ítem 5	Ítem 12	
1	4	2	4	2	4	2	8
2	2	2	2	4	4	4	12
3	2	4	2	4	2	4	10
4	2	2	2	4	4	4	12
5	4	1	4	2	5	2	9
6	2	2	4	4	4	2	10
7	2	2	3	4	4	3	11
8	2	1	2	4	5	4	13
9	2	1	4	4	5	2	11
10	1	2	2	5	4	4	13
11	3	2	3	3	4	3	10
12	3	2	2	3	4	4	11
13	2	2	4	4	4	2	10
14	1	2	3	5	4	3	12

Tabla 10. Resultados ítem de afirmaciones de relaciones CTSA negativas respecto a la nanotecnología en química

Los valores iniciales obtenidos se transformaron mediante la ecuación (1), así los menores puntajes representan una alta valoración respecto a los rangos de la matriz de análisis. Y los mayores una baja valoración respecto a los rangos. En el gráfico 2 se muestra la tendencia de los estudiantes a establecer relaciones CTSA. A partir de los ítems de relaciones CTSA negativos.

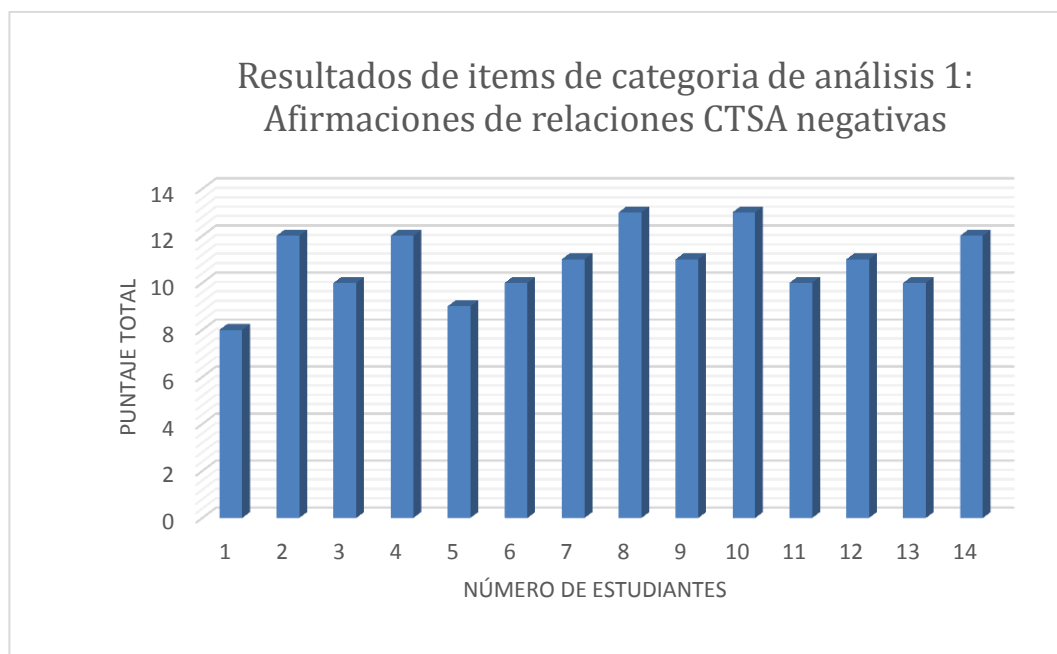


Figura 7. Resultados de los ítems de afirmaciones de relaciones CTSA negativas respecto a la nanotecnología en química

Los puntajes alcanzados en estos ítems por los encuestados revelan que hay una tendencia similar a la que muestran los resultados los ítems de afirmación de relaciones CTSA positivas. Solo el estudiante 1 reveló una variación significativa. Por lo general se puede decir la tendencia es que los estudiantes tienen una disposición adecuada y parcialmente adecuada para abordar relaciones CTSA.

7.2.3 Categoría de análisis 2. Apreciaciones conceptuales relacionadas con la nanotecnología en química

Los conceptos científicos relacionados con las características y propiedades de la magnetita son un importante componente en la secuencia de enseñanza, siendo uno de los pilares de la dimensión conceptual, que servirán para el abordaje de la problemática del juego de Roles en miras del fomento de las relaciones CTSA. Es decir, se aprenden y se aplican conceptos científicos a la medida que se contextualiza y se participa, logrando dar sentido a lo aprendido en el aula de clase, con la principal finalidad de construir relaciones CTSA.

Los conceptos que se desean trabajar son los relacionados con las propiedades de la magnetita como lo son la adsorción, área superficial, magnetismo, oxidación y reducción. Para conocer si los estudiantes comprenden a acerca de estos conceptos, se han formulado los ítems del 8, 9 y 10 para apreciaciones conceptuales positivas o adecuadas y 2, 3 y 11 para apreciaciones conceptuales negativas o inadecuadas.

<i>Nº Estudiante</i>	<i>Ítem 8</i>	<i>Ítem 9</i>	<i>Ítem 10</i>	<i>Total</i>
1	3	4	3	10
2	4	3	3	10
3	3	4	3	10
4	2	4	2	8
5	3	4	3	10
6	4	4	4	12
7	4	3	4	11
8	4	4	4	12
9	4	2	3	9
10	2	2	3	7
11	3	4	3	10
12	4	3	3	10
13	3	4	3	10
14	4	3	4	11

Tabla 11. Resultados de los ítems de apreciaciones conceptuales positivas respecto a la nanotecnología en química

Los resultados obtenidos muestran que los docentes en formación inicial tienen tendencia a hacer apreciaciones de conceptos parcialmente adecuada, dando valores cercanos a 3 a los ítems propuestos de acuerdo con la categoría de análisis 2. Debe entenderse el resultado de estos ítems como un estado de indecisión del estudiante que puede ser atribuido al desconocimiento de los conceptos que se desea que el estudiante comprenda a través de esta secuencia de enseñanza.

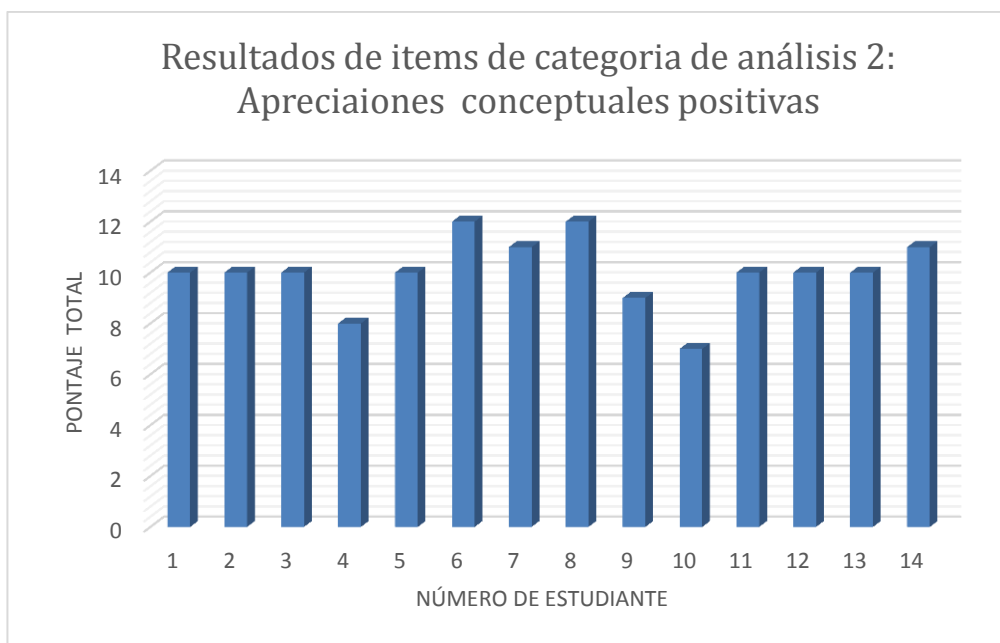


Figura 8. Resultados de los ítems de apreciaciones conceptuales positivas respecto a la nanotecnología en química

Los ítems 2, 3 y 11 representan afirmaciones que no son correctas o inadecuadas respecto a conceptos relacionados con las características y propiedades de la magnetita. Para esta serie de ítems se realizó también la conversión por medio de la ecuación (1).

Nº Estudiante	Ítem 2	Ítem 3	Ítem 11	Conversión			Total
				Ítem 1	Ítem 5	Ítem 12	
1	2	2	4	4	4	2	10
2	1	4	5	5	2	1	8
3	3	1	4	3	5	2	10
4	4	4	5	2	2	1	5
5	5	2	1	1	4	5	10
6	3	1	1	3	5	5	13
7	1	3	3	5	3	3	11
8	4	2	2	2	4	4	10
9	3	1	2	3	5	4	12
10	4	2	3	2	4	3	9
11	2	1	3	4	5	3	12
12	2	4	3	4	2	3	9
13	1	4	4	5	2	2	9
14	3	3	1	3	3	5	11

Tabla 12. Resultados de ítems de apreciaciones conceptuales negativas respecto a la magnetita

Se puede afirmar a partir de los resultados evidenciados (gráfico 7) que la tendencia que predomina en los estudiantes es la de hacer apreciaciones conceptuales de una manera parcialmente adecuada, según la categoría de análisis 2, siendo también correspondiente a los resultados de la tabla 5.

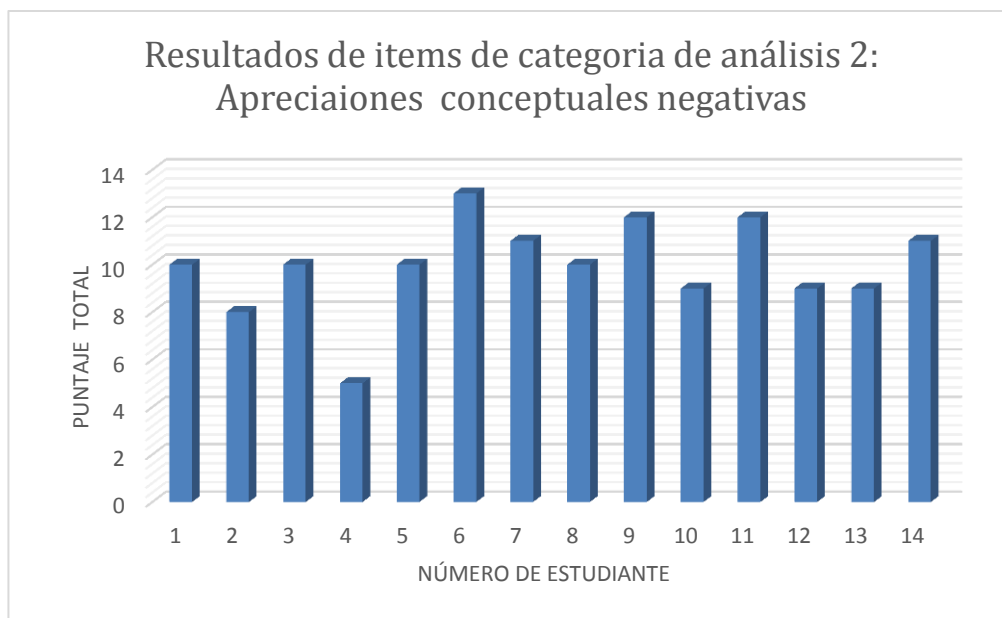


Figura 9. Resultados de ítems de apreciaciones conceptuales no adecuadas respecto a la magnetita

Los resultados obtenidos referentes a las relaciones CTSA, pueden justificarse debido a que en el transcurso del ciclo académico cursado y también en otros ambientes extracurriculares de discusión y reflexión, se han fomentado estas relaciones respecto a diversos campos del saber científico y tecnológico, es decir, ya los estudiantes tienen actitudes críticas y reflexivas frente a problemáticas que sean relativas a la ciencia y la tecnología. Sin embargo, para establecer relaciones CTSA de manera adecuada en el campo de la nanotecnología es indispensable comprender conceptos científicos a cerca de la nanotecnología, para conocer a fondo las causas y efectos del uso de algún producto de la nanotecnología y sus implicaciones con las dimensiones ciencia, tecnología, sociedad y ambiente.

El plan de estudios de la Licenciatura en Química de la Universidad Pedagógica Nacional, al que los docentes en formación y participantes de esta investigación están adscritos, goza de espacios académicos como *Pedagogía y Didáctica I, II, III, educación y Sociedad, Teorías Curriculares, Educación ambiental, práctica*

pedagógica y Didáctica I y II que muestran y promueven la estructuración de conceptos y conocimientos respecto al movimiento CTS y el campo de investigación en didáctica CTSA. Por otro lado, los resultados relacionados con las propiedades y características generales de materiales nanotecnológicos como la, son parcialmente adecuados y se requiere que se adecuen con la finalidad de aportarle al estudiante criterios valideros para alcanzar actitudes críticas, reflexivas y propositivas en discusiones de esta índole.

A partir de los resultados de este test inicial, se evidencia el punto de partida del cual se inicia con la secuencia de enseñanza, teniendo como meta fomentar la construcción de relaciones CTSA adecuadas y la comprensión de conceptos en química de manera adecuada. Estos conceptos son relacionados con la nanotecnología, que son generales para la magnetita que es empleada en la secuencia de enseñanza.

7.3 Resultados Juego de Roles

En esta sesión se analizan las posturas críticas desarrolladas por los estudiantes a partir del registro de la discusión y los informes elaborados en búsqueda de relaciones CTSA construidas. Los análisis serán orientados a partir de las categorías de análisis 1 y 2 de la matriz de análisis 2 empleando el instrumento de recolección y análisis 2. (*Registro de juego de roles Anexo 5*)

7.3.1 Primera sesión juego de roles

En primer lugar se propuso la lectura correspondiente de la noticia verosímil (anexo 3), se asignaron los correspondientes roles dejando a criterio de los estudiantes la conformación de los grupos de trabajo y el rol que desearon trabajar. El rol o los roles que fueron elegidos por más de un grupo fueron repartidos por sorteo.

A partir de las lecturas abordadas y las actividades de intervención del docente y el investigador, los profesores en formación inicial elaboraron sus argumentos, y preguntas e inquietudes expuestas en el debate.

7.3.2 Práctica de laboratorio 1. Síntesis de magnetita vía hidrotermal (Fe_3O_4)

El grupo encargado del comité científico, dirigió la práctica de laboratorio bajo orientación y supervisión del investigador y el docente titular del espacio académico. Todos los grupos representantes de los demás roles realizaron la práctica.

Se realizó la síntesis de las nanopartículas magnéticas de hierro a partir de del método hidrotermal según la guía de laboratorio 1. (Anexo 2).

Se vertió la totalidad de la solución de FeCl_2 en un Erlenmeyer de 250 mL calentándose hasta una temperatura de 70 °C al alcanzar esta temperatura, se agregó la solución No 2 agitando constantemente a una temperatura de entre 70 a 75 °C aproximadamente 30 minutos. Este método se realizó sin desaire de nitrógeno, dado que la oxidación de este material no fue significativa.

Se pudo evidenciar un color negro el cual indicaba la formación de la magnetita.



Fotografía 1. Síntesis de nanopartículas magnéticas de hierro por los estudiantes del Énfasis disciplinar I: Sistemas Electroquímicos. Izquierda: proceso de calentamiento y agitación manteniendo la temperatura entre 70 °C y 90 °C sin atmosfera inerte. Derecha: Formación de magnetita posterior a 45 minutos de la mezcla de reactivos

La separación por inducción magnética se realizó colocando un imán en la parte inferior del Erlenmeyer hasta que la solución se aclaró totalmente.



Fotografía 2. Separación por inducción magnética

Se desechó el sobrenadante y se lavó la magnetita 3 veces con agua destilada haciendo uso del imán y repitiendo el mismo procedimiento 3 veces.

Se lavó el residuo de magnetita y se vertió en la caja de Petri, separando esta con el imán hasta sacar toda la magnetita contenida; se secó en una estufa a 65 °C durante 24 horas.



Fotografía 3. Proceso de secado de la magnetita con estufa a 60 °C por 48 horas.

Izquierda: Estufa Binder Modelo E 28. Centro y derecha: Magnetita seca

Peso caja de Petri en gramos	Peso caja de Petri + muestra de magnetita en gramos	Peso de magnetita en gramos
46,543	48,493	1,95

Tabla 13. Pesos correspondientes a la obtención de magnetita.

7.3.3 Sesión 1 y 2 Juego de roles

El moderador presentó el orden en que los grupos exponen su argumento y opinión. Recogió las preguntas realizadas por cada grupo. Se dio lugar para responder las preguntas y aportes adicionales. (Anexo 5)

7.3.4 Aportes generales

a) La CAR

Afirman que son el organismo que ha controlado y moderado las actividades de cierre de las cuatro (4) curtiembres, reconociendo que la problemática es por la escasa atención por parte de los empresarios de las curtiembres a los desechos y aguas residuales contaminadas por cromo hexavalente Cr (VI) sobrepasando los niveles máximos permitidos que pueden resultar riesgosos para el medio ambiente en general. Afirman que deben acogerse a la medida de la implementación del reactor de adsorción de Cr (VI) sobre nanopartículas magnéticas. Todo regido “según el acuerdo 08 del 2004”.

A partir de esto se evidencia que los estudiantes reconocen la importancia de asumir los compromisos de la sociedad en general, desde la legislación establecida. Así que la actividad de la operación de las diferentes tecnologías debe estar regida por la legislación establecida según el Acuerdo 8 de 2004 Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca – CAR “Por el cual se define la norma de vertimientos de la industria de curtido de pieles, y se adoptan otras determinaciones” (CAR, 2004).

b) Empresarios dueños de las Curtiembres

Afirman aceptar los términos en los que se dejó la respectiva revisión de nuestra empresa. Optan por acudir al comité científico para que dé una solución. Efectivamente, aseguran tener conocimiento sobre el tratamiento que está desarrollándose (reactores de adsorción de Cr (VI) sobre magnetita).

Afirman también que esperan que esta implementación y uso de magnetita o nanopartículas magnéticas de hierro no sea perjudicial tanto para los trabajadores de

la curtiembre y el medio ambiente en general. Ya que esto generaría más contaminación y gastos para tratar desechos del proceso de remoción del contaminante Cr (VI).

Los empresarios reconocieron los perjuicios y riesgos sobre el medio ambiente de la actividad del curtido al cromo. Por lo que acataron las medidas de cierre y financiación. Sin embargo, desean conocer el dictamen de la comunidad científica, ya que consideran riesgoso el uso de nanopartículas magnéticas. También desean estar seguros de la efectividad y pertinencia del proyecto de implementación de plantas de tratamiento.

c) Gobierno

El gobierno afirma colaborar tanto a la CAR como a los dueños de las curtiembres, tratando de financiar cierto porcentaje para contratar unos dispositivos que almacene Cromo (VI). Inicialmente partir de que se cumplan las leyes y los derechos de los empresarios.

El gobierno plantea que la solución a esta problemática resulta ser la de la financiación del proyecto que pretende implementar los reactores para la remoción de Cr (VI) con Fe_3O_4 . Pero afirman que es urgente la reapertura de estas industrias, luego la economía de la región depende de estas actividades económicas.

d) Comunidad Del Sector (JACCH)

Los representantes de la comunidad pertenecientes a la acción comunal afirman que se realizó una encuesta en donde la iniciativa de implementar las nanopartículas magnetitas en el proceso de remoción es la más avalada por la población, así generando más empleo. Sin embargo realizan preguntas para la comunidad científica que estaría encargada del estudio previo y de publicar los resultados de las pruebas.

- ¿Qué pasa con los residuos de nanopartículas cuando ya se utilizan y recojan Cromo?
- ¿Qué pasa después? Porque esto generaría más basura, y otro tipo de contaminación.

- ¿Qué tan seguras son esas nanopartículas magnéticas?, porque también consumir este tipo de materiales puede ser riesgoso para la población y el medio ambiente
- ¿qué peligros puede representar para la salud de la población?
- ¿Qué va a suceder con los residuos del proceso de adsorción?

La comunidad del sector manifiesta la necesidad de reabrir las curtiembres viéndose afectada la economía de la zona, sin embargo desean tener certeza de la viabilidad del proyecto y las posibles causas y efectos que puede tener el uso de este material nanopartícula en los ecosistemas y la salud pública.

Al finalizar esta sesión se hace indispensable un estudio de adsorción de Cr (VI) con la magnetita que se sintetizó en la sesión de laboratorio 1. Estos resultados serán el punto de partida para responder los interrogantes anteriormente planteados.

e) Comité científico

Según los resultados del proceso que hicimos, la adsorción de cromo (VI) en magnetita es muy bueno, en algunos casos tuvo una adsorción de 80 ppm de una solución inicial de 100 ppm en Cr (VI), y de 25 mg de cromo (VI) por 1 gramo de magnetita. Podemos decir que la magnetita es un buen adsorbente, pues la cantidad queda reducida en un veinte por ciento alejando la concentración de los límites máximos de concentración que pueden ser riesgosos.

Sin embargo, el residuo de magnetita con Cromo (VI) puede generar una problemática ambiental. Como decía la comunidad del sector se está generando un residuo de la magnetita y aún no se sabe que se va a hacer para solucionar esto, porque prácticamente se va a requerir más dinero del gobierno o de las mismas curtiembres para subsanar otros procesos posteriores, como desorber el adsorbato de la magnetita y reducir el cromo (VI) hasta cromo metálico, así para que no sea peligroso y reutilizable. Y con la magnetita también, que procesos se requieren para purificarla y volverla a emplear.

La magnetita es empleada comúnmente en ferro-fluidos que sirven para dirigir medicamentos vía intravenosa con campos magnéticos en seres humanos y animales para curar enfermedades, para resonancia magnética nuclear en medicina, fito remediación y otras aplicaciones que son benéficas. Sin embargo proponemos que

debe haber un estudio de los efectos de los residuos de este proceso en la salud humana y el medio ambiente.

Por otro lado, hay que evaluar el impacto que puede tener en el desarrollo económico, nos referimos a la limitación que representa para otras industrias que van a estar obligadas a implementar esta técnica de remoción de cromo (VI) y también todos los sucesos que puede desencadenar a nivel económico y social.

f) Comunidad educativa

La comunidad educativa tiene una postura crítica hacia la problemática, siendo la de la informar, divulgar y hacer entendible los protocolos, procesos y fenómenos que implica la problemática que aqueja a la comunidad, conformando un ambiente de reflexión desde el aula hasta los miembros externos de las instituciones.

Acuerdos alcanzados

- La comunidad científica debe supervisar el proceso de principio a fin para evaluar causas y efectos de todo el proceso.
- El gobierno debe financiar tanto la investigación científica que soportará el aval definitivo, en vista de las posibles consecuencias de la generación de residuos. También el proyecto y los procesos posteriores al proceso de adsorción.
- La comunidad educativa debe promover el entendimiento y participación de la comunidad en el proceso.
- De no ser avalado el proyecto de adsorción con magnetita, se deben tener en cuenta otras multinacionales que presten un servicio igual o similar que permita el estudio y protocolos de evaluación del proyecto.

7.3.5 Práctica de laboratorio 2: Adsorción de Cr (VI) sobre magnetita (Fe₃O₄)

Al igual que en la primera sesión de laboratorio, el equipo que representa al comité científico dirigió la practica experimental que la realizaron todos demás grupos representantes de los roles, bajo la permanente orientación del investigador y el docente titular del espacio académico. Guía de laboratorio (anexo 3)

Luego de secar y macerar la magnetita, se tomaron los pesos registrados en la tabla 8 y se vertieron en una solución de diferentes concentraciones de K₂Cr₂O₇ durante 8 días bajo agitación mecánica constante.

Frasco ámbar	Concentración de K ₂ Cr ₂ O ₇ ppm	Peso en g de Fe ₃ O ₄
1	200	0,1015
2	100	0,1039
3	50	0,1004
4	26	0,1019
5	10	0,1004

Tabla 14. Cantidad de muestra patrón utilizada para el análisis de la absorción de la magnetita.

Inmediatamente se prepararon patrones de Cr (VI) y se leyó la absorbancia en el espectrofotómetro HITACHI a una longitud de onda de 524,4 nm.

Ppm Cr (VI)	A
0,1668	0,031
0,4172	0,089
0,584	0,14
0,8344	0,2
1,001	0,23

Tabla 15. Datos para la Curva de Trabajo

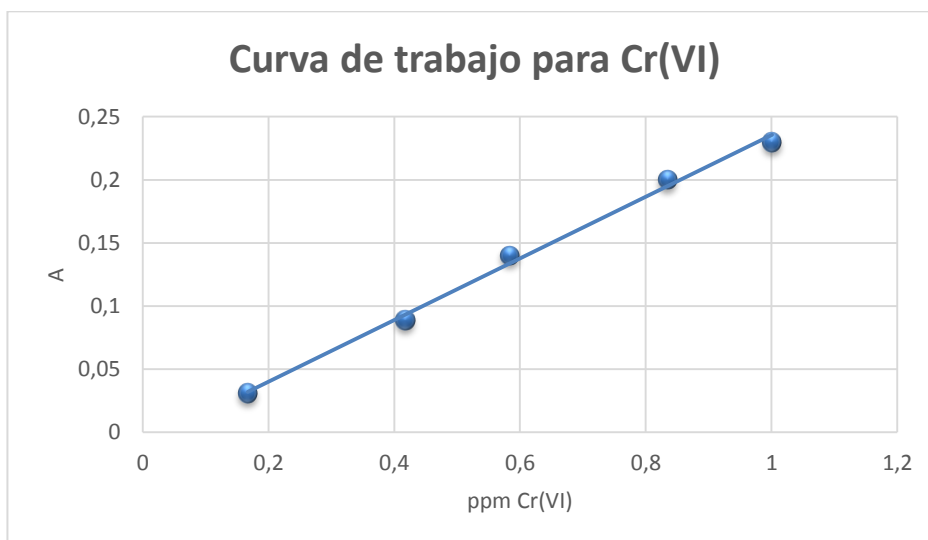


Figura 10. Curva de Trabajo para Cromo (VI)

La ecuación de trabajo obtenida es:

$$y = 0,2441x - 0,0086 \text{ con } R^2 = 0,9957$$

A los ocho días cumplidos se tomaron alícuotas de cada una de las concentraciones 10, 26, 50, 100 y 200 suponiendo que ninguna de estas ha cambiado y tomado la alícuota necesaria de cada una para preparar soluciones de 0,8 ppm en Cromo hexavalente. Luego se leyó la Absorbancia a 524,4 nm obteniendo los resultados presentes en la siguiente tabla.

Cr (VI) ppm (inicial)	Alícuota de Cr (VI) mL	V _{total} mL	Cr (VI) ppm (final supuesta)	Absorbancias			\bar{X} Absorbancias
10	2.000	25	0,8	0,016	0,016	0,016	0,0160
26	0.769	25	0,8	0,041	0,041	0,042	0,0415
50	0.400	25	0,8	0,050	0,050	0,050	0,0500
100	0.200	25	0,8	0,059	0,060	0,059	0,0595
200	0.100	25	0,8	0,052	0,052	0,051	0,0525

Tabla 16. Preparación de soluciones patrón para hallar la curva de trabajo.

Para de calcular la capacidad de adsorción que tiene la magnetita para el Cromo hexavalente a las condiciones de 20 °C y pH variable se calculó la concentración final y de equilibrio en ppm de Cromo (VI) de la soluciones leídas en el espectrofotómetro UV-VIS anteriormente empleando la curva de trabajo establecida anteriormente para el Cr (VI)

La siguiente ecuación permite calcular la capacidad de adsorción Q_e expresada en masa de soluto adsorbido por unidad de masa del adsorbente mg/g.

$$Q_e = \frac{\text{miligramos de Cr VI iniciales} - \text{miligramos de Cr VI equilibrio}}{\text{Gramos de Magnetita}}$$

Se calcularon los siguientes datos:

\bar{X} Absorbancias	Cr (VI) ppm (Inicial)	Alícuota de Cr (VI) mL	miligramos Cr (VI) (iniciales)	miligramos Cr (VI) (Equilibrio)	miligramos de Cr (VI) adsorbidos	Peso en g de Fe_3O_4	Capacidad de Adsorción (mg Cr (VI)/g Fe_3O_4)
0,0160	10	2.000	0.25	0.00252	0.2475	0,1015	2.4380
0,0415	26	0.769	0.65	0,00513	0.6449	0,1039	6.2070
0,0500	50	0.400	1.25	0,00600	1.2440	0,1004	12.390
0,0595	100	0.200	2.5	0,006975	2.494	0,1019	24.475
0,0525	200	0.100	5	0,006257	4.994	0,1004	49.741

Tabla 17. Datos de Absorbancia y concentración final y en el equilibrio en partes por millón

Como se puede observar la adsorción del contaminante es Cr (VI) es aproximadamente 99 % en todos los casos, lo que lleva a concluir que la magnetita es un potente adsorbente para Cromo VI. Por lo que puede ser empleado en la remoción de cromo de agua de curtiembre a temperatura ambiente. Este importante hallazgo es fue determinante para resolver las cuestiones o preguntas planteadas en el debate de la sesión de juego de roles 1.

7.3.6 Análisis de resultados del Juego de Roles. Categoría de análisis 1. Relaciones CTSA en opiniones y argumentos en el juego de Roles

En la siguiente tabla se organizan y se muestran las relaciones CTSA construidas por los estudiantes donde **C** es ciencia, **T** tecnología, **S** sociedad y **A** ambiente

Categoría de análisis	C – T / T - C	C - A / A - C	T – S / S - T	T - A / A - T	S - A / A - S
CAR			Consideran una nueva tecnología como solución a un problema que concierne al ámbito social: la economía, los derechos al trabajo.	Consideran que el uso de nanopartículas magnéticas es una posible solución al problema de contaminación por Cr (VI). Así mismo reconocen el riesgo que pueden generar los residuos del proceso.	Justifican el cierre de las curtiembres argumentando que no se cumplen los acuerdos y normas establecidas. El Acuerdo 8 del 2004. Representando estas curtiembres una fuente de desechos.
(A),(PA) o (NA)			Adecuado	Adecuado	Adecuado

Empresarios del sector	Desean conocer la viabilidad del proyecto a la luz del dictamen de la comunidad científica	Desean conocer los posibles efectos que pueda tener en el ambiente a la luz del dictamen de la comunidad científica	Consideran como solución la implementación del reactor de adsorción de Cr (VI) con nanopartículas magnéticas de hierro	Consideran que el medio ambiente puede ser afectado por los residuos del proceso de adsorción.	Aceptan las normas y medidas de cierre. Teniendo en cuenta la normatividad que protege al medio ambiente. Manifiestan estar en estado de alerta por la dificultad en la economía y el sostenimientos que ha provocado el cierre
(A),(PA) o (NA)	Adecuado	Adecuado	Adecuado	Adecuado	Adecuado
Gobierno			Consideran como solución la reapertura de las curtiembres si y solo si se implementa el proceso de adsorción de Cr (VI) en los residuos puesto que consideran indispensable el funcionamiento de estas industrias en el sector.	Consideran la financiación con la multinacional propuesta, para la implementación de una nueva tecnología, como un hecho indispensable para preservar el medio ambiente y al mismo tiempo generar opciones tecnificar la industria.	Destacan la labor de la CAR por la gestión que ejecuta las medidas correctivas desde las leyes, normas y acuerdos. Proponen la financiación para facilitar el contrato de esta técnica de descontaminación.
(A),(PA) o (NA)			Adecuado	Parcialmente Adecuado	Adecuado
Comunidad del Sector	Desean conocer la viabilidad del proyecto a la luz del dictamen de la comunidad científica	Desean conocer los posibles efectos que pueda tener en el ambiente la implementaciones esta tecnología la luz del dictamen de la comunidad científica	A partir del dictamen de la comunidad científica desean conocer las ventajas y dificultades de esta emergente tecnología.	Consideran que el medio ambiente puede ser afectado por los residuos del proceso de adsorción.	Apoyan la reapertura de las curtiembres puesto que se considera como actividad económica de sustento el curtimiento de pieles.
(A),(PA) o (NA)	Adecuado	Adecuado	Adecuado	Adecuado	Adecuado

Comunidad Científica	Afirman que el proceso de adsorción de Cr (VI) es eficiente. Por lo que con este material se facilitaría la remoción del contaminante	Afirman que cantidades no superiores a 0.5 mg/Kg en personas adultas y niños la magnetita no es toxica. Aseguran que este proyecto tiene pocas repercusiones negativas en temas de contaminación y salubridad.	Consideran como solución la implementación del reactor de adsorción de Cr (VI) con nanopartículas magnéticas de hierro	Consideran que el medio ambiente puede ser afectado por los residuos del proceso de adsorción.	
(A),(PA) o (NA)	Adecuada	Parcialmente adecuada	Adecuado	Adecuado	
Comunidad Educativa	Consideran que deben informar a la sociedad y hacer explícito y entendible a todos los niveles educativos los resultados obtenidos por la comunidad científica.	Desean conocer los posibles efectos que pueda tener en el ambiente a la luz del dictamen de la comunidad científica		Consideran que el medio ambiente puede ser afectado por los residuos del proceso de adsorción.	Afirman que La comunidad educativa debe tener en cuenta todos estos factores y sucesos para la prevención y planificación en pro de un entorno adecuado
	Adecuado	Adecuado		Adecuado	Adecuado

Tabla 18. Resultados Relaciones CTSA juego de Roles

A partir de los resultados obtenidos en esta rejilla (Tabla 18) se puede afirmar que algunos equipos de trabajo tienen en cuenta todos los tipos de relaciones anteriormente mostrados. Otros no abarcan todas las posibles relaciones en los aportes presentados en el juego de roles. Sin embargo se evidencia la construcción de relaciones CTSA. Según la categoría de análisis 1, se encuentra que se establecen relaciones CTSA descartando la clasificación general de no adecuado este ítem se puede valorar cuando se muestran relaciones CTSA que son inmorales o que van en contra de los acuerdos de la comunidad en el debate.

Las demás relaciones CTSA establecidas pueden clasificarse en alguna de las clasificaciones como (PA) y (A). (PA) Es parcialmente adecuado si el estudiante

manifiesta que se tienen en cuenta valores y principios avalados por las demás comunidades. Pero estos aportes no respetan valores humanos y el consenso de la asamblea. Para alcanzar nivel de clasificación adecuado (A) es indispensable tener en cuenta valores y principios avalados por todas las comunidades. Estos aportes deben respetar valores humanos y el consenso de la asamblea.

En el gobierno se presentan dos relaciones CTSA que se clasifican como parcialmente adecuadas ya que la CAR argumenta que hay otras tecnologías y otras empresas multinacionales que prestan este servicio. “La CAR, sobretodo en Villa Pinzón, Chocontá y Cogua ha venido desarrollando otros proyectos distintos con otros investigadores que han permitido mejorar un poco el impacto ambiental del Cromo, especialmente en aguas, por eso decimos que no es la única opción que ofrecemos, hay otras opciones también que permiten que las estrategias continúen”

Por otro lado, el comité científico afirma que por ser mínima la toxicidad de la magnetita en los seres humanos puede no ser peligrosa la implementación de esta técnica, sí es liberado este material al exterior y consumido por humanos. No solo este parámetro define que esta material tenga impactos negativos en animales y otros ecosistemas. A demás, solo el hecho que resulte viable y seguro para el medio ambiente y los ecosistemas no justifica que deba ser aprobado el proyecto, sin ningún estudio de financiación, y protección económica por parte del estado. Por lo tanto, se deben tener en cuenta las dimensiones sociales y culturales de la población.

7.3.7 Análisis de resultados del Juego de Roles. Categoría de análisis 2. Conceptos relacionados con las propiedades de las nanopartículas magnéticas de hierro

En esta sección se analizaron los conceptos científicos relacionados con las propiedades de las nanopartículas magnéticas de hierro. Para este fin se analizó el informe de laboratorio elaborado por cada grupo de teniendo en cuenta la rúbrica de evaluación que se plantea a continuación.

Valoración ítem	(NA)	(NA)	(PA)	(A)	(A)
Procedimiento	No presenta	Describe el procedimiento en prosa incompleto	Realiza tablas y diagramas de flujo incompletos	Describe el procedimiento de forma adecuada y completo en prosa	Realiza tablas y diagramas de flujo
Gráficos	No presenta, o Presenta isothermas de adsorción de forma incorrecta. Sin escalas, Sin nombres de eje Sin nombre de gráfico y numeración.	Presenta isothermas de adsorción de forma incorrecta Con escalas, nombres de eje nombre de gráfico y numeración.	Presenta isothermas de adsorción de forma correcta. Sin escalas, Sin nombres de eje Sin nombre de gráfico y numeración.	Presenta isothermas de adsorción de forma correcta. Con escalas, nombres de eje de manera clara, pero sin nombre de gráfico y numeración.	Presenta isothermas de adsorción de forma correcta. Con escalas, nombres de eje de manera clara, nombre de gráfico y numeración.
Cálculos y resultados	No presenta	Presenta cálculos, tablas y resultados con el debido procedimiento de manera incorrecta	Presenta tablas, cálculos y procedimiento pero el resultado no es correcto	Presenta tablas, cálculos y resultados sin procedimiento pero de manera correcta	Presenta tablas, cálculos y resultados con el debido procedimiento de manera correcta

Tabla 19. Rúbrica de evaluación

Grupo ítem	1	2	3	4	5

Procedimiento	No presenta	No presenta	No presenta	No presenta	Describe el procedimiento de forma adecuada y completo en prosa
Gráficos	Presenta isotermas de adsorción de forma correcta. Con escalas, nombres de eje de manera clara, pero sin nombre de gráfico y numeración.	Presenta isotermas de adsorción de forma correcta. Sin escalas, Sin nombres de eje Sin nombre de gráfico y numeración.	No Presenta Gráficos	Presenta isotermas de adsorción de forma correcta. Sin escalas, Sin nombres de eje Sin nombre de gráfico y numeración.	Presenta isotermas de adsorción de forma correcta. Con escalas, nombres de eje de manera clara, nombre de gráfico y numeración.
Cálculos y resultados	Presenta tablas, cálculos y resultados con el debido procedimiento de manera correcta	Presenta tablas, cálculos y resultados sin procedimiento pero de manera correcta	Presenta tablas, cálculos y resultados con el debido procedimiento de manera correcta	Presenta tablas, cálculos y resultados sin procedimiento pero de manera correcta	Presenta tablas, cálculos y resultados con el debido procedimiento de manera correcta

Tabla 20. Resultados rúbrica de evaluación

Los conceptos trabajados en la secuencia de enseñanza son empleados para el reporte de datos y resultados como se especifica en la guía de laboratorio (anexo 3) La mayoría de los grupos presentan una comprensión adecuada de los conceptos que se han tratado a lo largo de la secuencia de enseñanza. Estos conceptos son: Área superficial, espectrofotometría UV-VIS, isotermas de adsorción en magnetita, área superficial, tamaño de partículas, procesos de oxidación-reducción y magnetismo.

7.4 RESULTADOS TEST FINAL DE RELACIONES CTSA Y CONCEPTOS CIENTÍFICOS RELACIONADOS CON LAS PROPIEDADES DE LA MAGNETITA (Fe₃O₄)

Principalmente la construcción de relaciones CTSA logra en el estudiante que sea capaz de reconocer estas relaciones en diferentes formas como le sean presentadas, sea textualmente u oralmente, o implícitas en un contexto o ambiente. En otras palabras, el estudiante desarrolla una predisposición o actitud respecto a las relaciones CTSA a partir de las relaciones que ya ha construido en algún momento o situación. De acuerdo con lo anterior, con la matriz de análisis 1 se evidenció la tendencia de las actitudes frente a relaciones CTSA. Para este instrumento final se valoró la tendencia de las actitudes frente a relaciones CTSA posterior a la secuencia de enseñanza.

7.4.1 Categoría de análisis 1. Relaciones CTSA frente a la nanotecnología

Los ítems 1, 4 y 6 hacen referencia a afirmaciones positivas respecto a relaciones CTSA.

<i>Nº Estudiante</i>	<i>Ítem 1</i>	<i>Ítem 4</i>	<i>Ítem 6</i>	<i>Total</i>
1	5	5	4	14
2	5	4	5	14
3	4	5	5	14
4	4	5	3	12
5	5	4	4	13
6	4	5	4	13
7	4	5	3	12
8	4	5	5	14
9	5	5	5	15
10	4	4	3	11
11	4	4	4	12
12	4	4	5	13
13	5	5	4	14
14	4	5	4	13

Tabla 21. Resultados ítems afirmaciones relaciones CTSA positivas test final

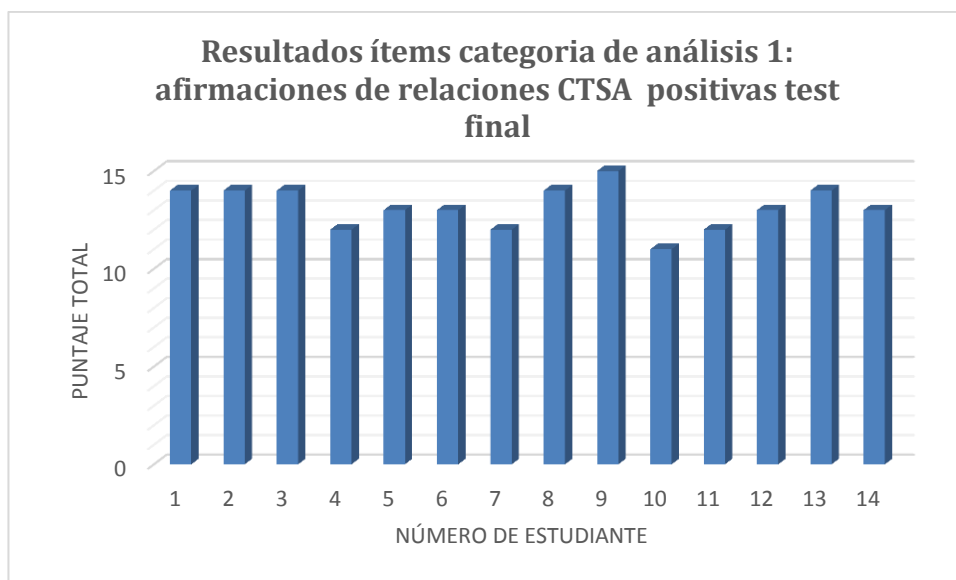


Figura 11. Resultados ítems afirmaciones relaciones CTSA positivas test final

Los ítems que representan relaciones CTSA no adecuadas son los numerales 5, 7 y 12. Se empleó la ecuación (1)

Nº Estudiante	Ítem 1	Ítem 5	Ítem 12	Conversión			Total
				Ítem 1	Ítem 5	Ítem 12	
1	1	2	4	5	4	2	11
2	2	2	2	4	4	4	12
3	2	1	2	4	5	4	13
4	1	2	3	5	4	3	12
5	3	1	4	3	5	2	10
6	2	2	1	4	4	5	13
7	2	2	3	4	4	3	11
8	2	1	2	4	5	4	13
9	2	3	1	4	3	5	12
10	1	2	5	5	4	1	10
11	3	2	1	3	4	5	12
12	3	1	2	3	5	4	12
13	1	3	1	5	3	5	13
14	1	2	4	5	4	2	11

Tabla 22. Resultados ítems afirmaciones relaciones CTSA negativas test final

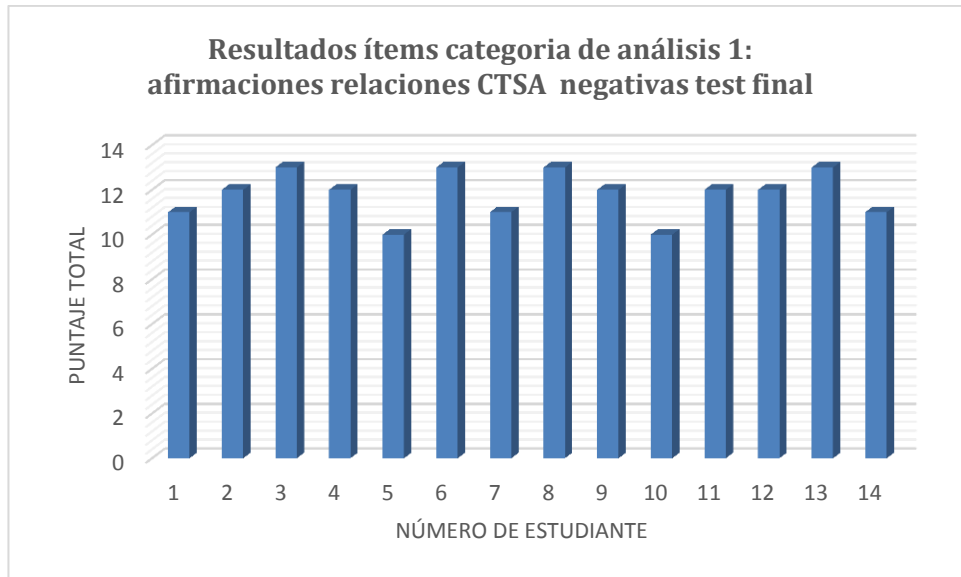


Figura 12. Resultados ítems afirmaciones relaciones CTSA negativas test final

Se puede afirmar que se obtuvieron resultados que demuestran que la tendencia a tener una actitud adecuada para con situaciones que impliquen relaciones CTSA ha aumentado de manera significativa respecto a los ítems de relaciones CTSA del instrumento inicial.

7.4.2 Categoría de análisis 2 Apreciaciones conceptuales relacionadas con la magnetita y sus propiedades

Los ítems relacionados con apreciaciones conceptuales correctas tienen los numerales 2, 3, y 11. Los ítems 8, 9 y 10 son apreciaciones conceptuales erróneas. Para transformar estos puntajes negativos se emplea la ecuación (1).

Nº Estudiante	Ítem 1	Ítem 4	Ítem 6	Total
1	5	3	4	12
2	5	5	5	15
3	4	4	3	11
4	5	5	5	15
5	4	4	5	13
6	4	4	5	13
7	4	3	4	11
8	4	4	4	12
9	4	5	3	12
10	4	4	4	12
11	3	4	3	10
12	4	5	4	13
13	5	4	5	14
14	4	3	4	11

Tabla 23. Resultados ítems apreciaciones conceptuales positivas respecto a la nanotecnología

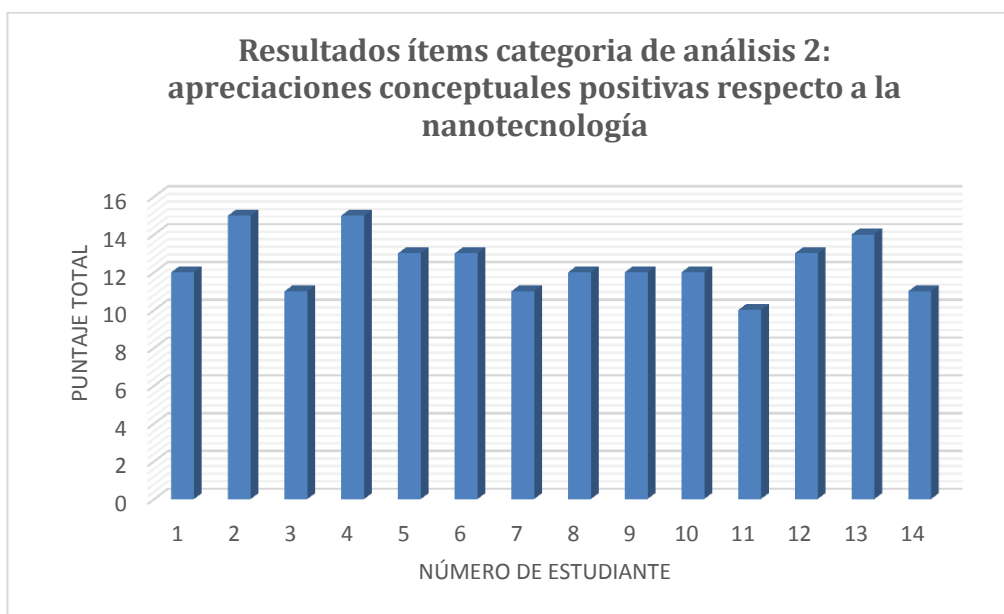


Figura 13. Resultados ítems apreciaciones conceptuales positivas respecto a la nanotecnología

Nº Estudiante	Ítem 1	Ítem 5	Ítem 12	Conversión			Total
				Ítem 1	Ítem 5	Ítem 12	
1	1	2	4	5	4	2	11
2	2	2	2	4	4	4	12
3	2	1	2	4	5	4	13

4	1	2	1	5	4	5	14
5	1	1	4	5	5	2	12
6	2	2	1	4	4	5	13
7	2	2	3	4	4	3	11
8	2	1	2	4	5	4	13
9	2	1	1	4	5	5	14
10	1	2	5	5	4	1	10
11	3	2	1	3	4	5	12
12	2	1	1	4	5	5	14
13	1	3	1	5	3	5	13
14	1	2	4	5	4	2	11

Tabla 24. Resultados ítems apreciaciones conceptuales negativas respecto a la nanotecnología

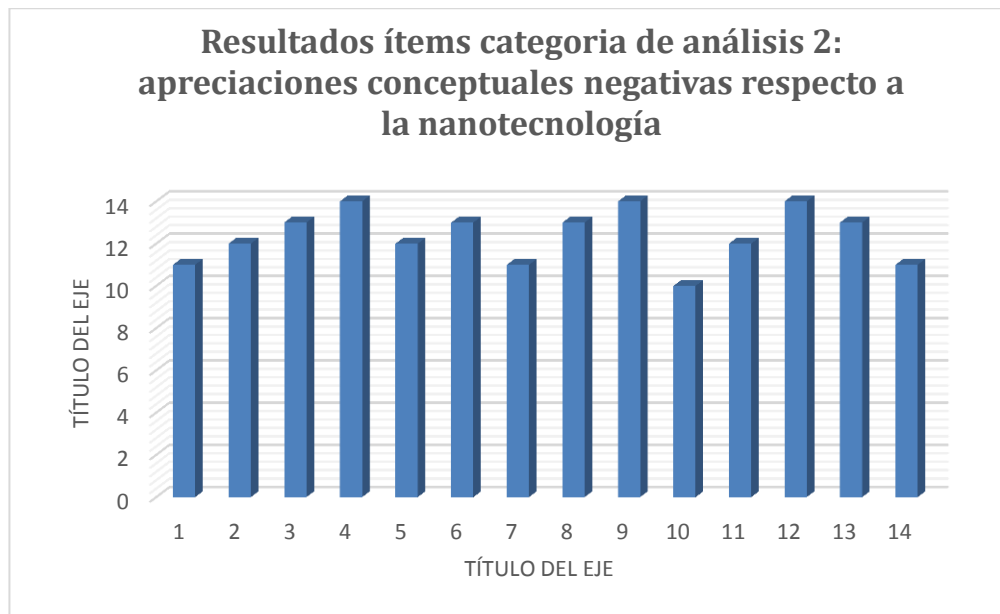


Figura 14. Resultados ítems apreciaciones conceptuales negativas respecto a la nanotecnología

La tendencia que se evidencia en estos resultados indica que hubo una mejoría en cuanto a los conceptos relacionados con las propiedades de la magnetita por parte de los docentes en formación inicial.

En comparación con los resultados evidenciados en el test inicial, se puede resaltar que los encuestados no valoraron, en su mayoría, los ítems con el valor 3, que se

entiende como indecisión por el desconocimiento de los conceptos expuestos en los ítems. Por lo tanto, se puede afirmar que es tendencia de la mayoría de los docentes en formación realizar apreciaciones adecuadas respecto a conceptos relacionados con la nanotecnología, para este caso, respecto del material nano-particulado que se empleó a lo largo de la secuencia de enseñanza. Son estos conceptos: área superficial, capacidad de adsorción, magnetismo, tamaño de partícula entre otros, conceptos importantes y generales de los materiales a escala nanométrica y de los productos de la nanotecnología en general. En cuanto a las relaciones CTSA, se puede afirmar que los encuestados poseen actitudes positivas respecto a relaciones CTSA, atribuyendo esta sensible mejoría a la intervención de la secuencia de enseñanza.

En esta intervención didáctica y pedagógica, se logró fomentar el establecimiento de relaciones CTSA, como se evidencia en los resultados obtenidos del juego de roles y en los resultados del instrumento final, logrando en este último actitudes positivas frente a problemáticas y situaciones que impliquen relaciones CTSA. Esto es un buen indicio que data del fomento de relaciones CTSA y de la construcción de estas relaciones. Por ello el estudiante es capaz de discernir en proposiciones o afirmaciones que sugieran relaciones CTSA comparándolas con el constructo de relaciones que ya ha hecho para sí.

8. CONCLUSIONES

De acuerdo con los resultados evidenciados a través de los instrumentos empleados en esta investigación, se puede afirmar que una secuencia de enseñanza para el fomento de relaciones CTSA es una propuesta didáctica que no solo permite el aprendizaje de conceptos en química sino que también facilita la construcción de relaciones entre ciencia, tecnología, sociedad y ambiente, desde una mirada crítica y participativa hacia las problemáticas e impacto que puedan tener diversos y crecientes campos del saber humano. Para este caso se exploraron los alcances de esta propuesta alrededor de la nanotecnología enfocada a la química, teniendo en cuenta la importancia que tiene ésta en la sociedad actual y la que pudiese tener en el futuro. La finalidad de trasfondo de este trabajo es la de aportar a la formación de los docentes del futuro, teniendo en cuenta el significado moderno del educador en ciencias.

A partir de la prueba inicial de relaciones CTSA y conceptos previos relacionados con la nanotecnología, se afirma que la población involucrada en esta investigación puede establecer relaciones CTSA respecto a la nanotecnología en niveles, según la clasificación de la matriz de análisis 1, parcialmente adecuados y en menor proporción alcanzan a ser adecuadas, sin embargo, los conceptos científicos relacionados con la nanotecnología en química se caracterizan en el nivel inadecuado o no adecuado.

La secuencia de enseñanza relacionada con la síntesis y uso de nanopartículas magnéticas de hierro (Magnetita Fe_3O_4), no solo involucra el acercamiento a una variedad de conceptos que enriquecen conceptualmente a los estudiantes, sino que también es un escenario propicio para dar una mirada crítica y reflexiva a problemáticas de la actualidad que poco o nada se han mencionado en el ámbito académico de la Universidad Pedagógica Nacional en el departamento de química.

El instrumento final empleado para valorar la construcción de relaciones CTSA permite afirmar que los estudiantes han adecuado conceptos científicos relacionados con la nanotecnología y aparte de esto, como finalidad principal, se logró fomentar la construcción de relaciones CTSA apoyadas desde conceptos científicos cuando se hizo necesario en relaciones de tipo científico y tecnológico.

La comprensión de conceptos científicos referentes a una problemática o controversia posibilita una comprensión global del fenómeno científico, tecnológico, social, ambiental y cultural que se desarrolla en cierto contexto. Así, para establecer relaciones CTSA de manera adecuada resulta necesario comprender a diferentes niveles conceptos que permitan un adecuado discernimiento y reflexión en la participación ciudadana. De acuerdo con la matriz de análisis 1 y 2 se evidencia una mejora relevante en el establecimiento de relaciones CTSA por parte de los docentes en formación inicial, alcanzándose puntajes correspondientes a lo adecuado con una fuerte tendencia a lo más alto de este escala, también esto se evidenció con los conceptos científicos como área superficial, tamaño de partículas, magnetismo etc.

Por último, resulta indispensable que se traten otras áreas del saber que son afines a la nanotecnología en química dentro de una secuencia de enseñanza, áreas como la física, la biología y la medicina, que tienen una importancia directa al momento de evaluar causas y efectos de la nanotecnología con la finalidad global de fomentar el establecimiento de relaciones CTSA de una manera más concreta y sustancial, permitiéndole al sujeto aproximarse a miradas críticas y a juicios adecuados y consecuentes con la realidad y el contexto en el cual se desenvuelven, ya sea partiendo de una secuencia de enseñanza o con otra modalidad. Esto es debido a que las nanopartículas magnéticas de hierro tienen un alto margen de aplicación en estos campos del saber, siendo la sociedad susceptible de participar y estar involucrados en cuestiones e implicaciones con este tipo de materiales producto del avance científico y tecnológico de la sociedad moderna, para que así, el docente en formación o profesional de toda área, estudiante y ciudadano, esté preparado para reconocer las causas y efectos de las actividades humanas a un nivel básico o complejo, como lo son la ciencia y la tecnología, y en este caso la nanotecnología en química.

9. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Acevedo, J. A (1996). *La formación del profesorado de enseñanza secundaria y la educación CTS. Una cuestión polémica*. Revista Universitaria de formación del profesorado. Nº 26, pp. 131-144. 1996.
- Acevedo, J. A, Vásquez, A, manassero, A. (2002) El Movimiento Ciencia-Tecnología-Sociedad y la Enseñanza de las Ciencias. Disponible en. <http://www.oei.es/salactsi/acevedo13.htm>
- Aikenhead G. (2005). *Educación Ciencia-Tecnología-Sociedad (CTS): una buena idea como quiera que se le llame*. Revista de Educación Química 16[2] pp- 114 – 124.
- Arias, I. X; Buesaquillo, A; Cardozo, E; Espejo, S; Lambrano, J; Franco, F; Martinez, L. F (2012). Semillero didagokhemia: una aproximación a la Investigación en el programa de licenciatura en química. Asociación Colombiana para la Investigación en Educación en Ciencia y Tecnología. Revista EDUCyT; Vol. Extraordinario. Diciembre, ISSN 2215 – 8227
- Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca (CAR). Acuerdo 008 de 2004. Recuperado de: <http://www.car.gov.co/?idcategoria=1730>
- Collieu, A.M, Powney, D.J. *The Mechanical and thermal properties of aterials*. EditorialReverté ISBN – 84-291-4142-1. Barcelona
- Da-Silva, C. A. Da Silva, L.M, De Medeiros R.R, Helayël-Neto, J.H, Lopes, A., Pires-Do-Prado, J. A, Rôças, G, Siqueira, R, (2010) Nanociência e nanotecnologia como temáticas para discussão de ciência, tecnologia, sociedade e ambiente. *Ciência & Educação*, v. 16, n. 2, p. 479-490. Recuperado de: <http://www.scielo.br/pdf/ciedu/v16n2/v16n2a14.pdf>
- Delgado G. C (2008). Nanotecnología y Producción de alimentos: Impactos económicos, Sociales y ambientales. Centro De Investigaciones Interdisciplinarias en Ciencias y Humanidades de la UNAM. Recuperado de <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=41711502007>
- DUARTE D., Jakeline. (2003) *AMBIENTES DE APRENDIZAJE: UNA APROXIMACION CONCEPTUAL*. Estud. pedagóg., Valdivia, n. 29, 2003. Disponible en <http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-

07052003000100007&lng=es&nrm=iso>. accedido en 23 abr. 2013. doi: 10.4067/S0718-07052003000100007.

- Faladori, G. Invernizzi, N. (2005) a. Nanotechnology in its Socio-Economic context. *Science Studies*. Vol 18 (2005). No 2, 67-63. Recuperado de http://archive.cspo.org/_old_ourlibrary/documents/Faladori%20&%20Invernizzi_nanosocioecon.pdf
- Faladori, G. Invernizzi, N. (2005) b. Nanotecnología: ¿Beneficios para todos o mayor desigualdad? *Redes* 11. No 21. Buenos Aires Recuperado de <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=90702102> pág. 54
- Faladori, G. Invernizzi, N. (2005) b. Nanotecnología: ¿Beneficios para todos o mayor desigualdad? *Redes* 11. No 21. Buenos Aires Recuperado de <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=90702102> pág. 57
- Gómez A. (2009). *Preparación De Nano-partículas Magnéticas Uniformes Y De Alta Cristalinidad Para Biomedicina*. Tesis Doctorado. Universidad Complutense de Madrid. Madrid
- Gómez A. (2009). *Preparación De Nano-partículas Magnéticas Uniformes Y De Alta Cristalinidad Para Biomedicina*. Tesis Doctorado. Universidad Complutense de Madrid. Madrid. Cap. 2
- GONZÁLEZ, F. GARCIA, My PRIETO, T. (1997). Influencia de la formación inicial de los futuros profesores de secundaria en la selección de temas Ciencia-Tecnología-Sociedad. En R. Jiménez y A. Wamba (Eds.): *Avances en la Didáctica de las Ciencias Experimentales*, pp. 340-348. Huelva: Servicio de Publicaciones de la Universidad de Huelva.
- Martínez L. F, Villamil Y, M & Peña D. C (2006). *Relaciones Ciencia, Tecnología, Sociedad y Ambiente, a partir de Casos Simulados SA*, Tecnología, Sociedad e Innovación CTS + I. 2006. Recuperado de :<http://www.oei.es/memoriasctsi/mesa4/m04p24.pdf>
- Mazo, J. (2011) Una mirada al estudio y las aplicaciones tecnológicas y biomédicas de la magnetita. *Revista EIA*, ISSN 1794-1237 Número 16, p. 207-223. Escuela de Ingeniería de Antioquia, Medellín (Colombia)
- Meheut, M. y Psillos, D. (2004). Teaching-learning sequences: aims and tools for science education research. *International Journal of Science Education*, 26(5) ,515-535.

- Membiela P, (2002) *Enseñanza de las Ciencias desde la perspectiva Ciencia-Tecnología-Sociedad: Formación científica para la ciudadanía /coord.* , 2002, ISBN 84-277-1390-8 , págs. 91-103
- Membiela P, (2002) *Enseñanza de las Ciencias desde la perspectiva Ciencia-Tecnología-Sociedad: Formación científica para la ciudadanía /coord.* , 2002, ISBN 84-277-1390-8 , pág. 92
- MINISTERIO DE EDUCACIÓN NACIONAL (MEN) (1998). Lineamientos curriculares en ciencias naturales y educación ambiental. Cooperativa Magisterio. Bogotá D.C Colombia. Recuperado de <http://www.mineducacion.gov.co/1621/article-89869.html>
- Montenegro, M (2007). *Fomento De Las Relaciones Ciencia Tecnología, Sociedad Y Ambiente (CTSA) En Un Contexto Rural, Mediado Por Una Unidad Didáctica*. Trabajo de grado Licenciatura en Química, Universidad pedagógica Nacional. Bogotá
- QUINTILI, Mario (2012). Nanociencia y Nanotecnología... un mundo pequeño. *Cuad. Cent. Estud. Diseño Comun., Ens.* [online]. 2012, n.42 pp. 125-155. Recuperado de: <http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1853-232012000400010&lng=es&nrm=iso>. ISSN 1853-3523.
- Ruiz, D.M; Martínez L.F.;Parga D. L; (2009). *Creencias de los profesores de preescolar y primaria sobre ciencia, tecnología y sociedad, en el contexto de una institución rural*. TEA No. 25 • Primer semestre de 2009 • pp. 41-61
- Santos, L, H, Rodriguez, M, L (2012). *Relaciones CTSA en estudiantes de un curso tecnológico, a partir de Una Secuencia de Enseñanza sobre el uso de catalizadores para la descontaminación del agua*. Trabajo de grado Licenciatura en Química, Universidad pedagógica Nacional. Bogotá
- Sabariego J. M & Manzanares M (2006). *Alfabetización Científica*. I Congreso Iberoamericano de Ciencia, Tecnología, Sociedad e Innovación CTS + I.2006. Disponible en: <http://www.oei.es/memoriasctsi/mesa4/m04p35.pdf>
- Sheriffa K.M., Anantharaman. N., (2009) Removal of Chromium(VI) Ions from Aqueous Solutions and Industrial Effluents Using Magnetic Fe₃O₄ Nano-particles Adsorption Science & Technology Vol. 27 No. 7 2009.
- Solves J. Vilchez A. (2004). Papel de la relaciones Ciencia, Tecnología, Sociedad y Ambiente en la formación Ciudadana. *Enseñanza de las Ciencias*. 23(3). 000-000. Pág. 9. Recuperado de <http://www.uv.es/vilches/documentos%20enlazados/ECTS04.pdf>.

- Schwertman. U. y Cornell. RM, (2000). The iron oxides in the laboratory preparation & characterization Deutsche Bibliothek Cataloguing-in-Publication Data A catalogue record for this publication is available from Die Deutsche Bibliothek ISBN 3-527-29669
- Schwertman. U. y Cornell. RM, (2000). The iron oxides in the laboratory preparation & characterization Deutsche Bibliothek Cataloguing-in-Publication Data A catalogue record for this publication is available from Die Deutsche Bibliothek ISBN 3-527-29669 Pág. 136.
- Urquijo J. P (2007). *Síntesis de nano-partículas magnéticas y su implementación como ferrofluido*. Trabajo de grado Magister Química, Universidad de Antioquia. Medellín
- Walter, J. & Weber, Jr. (2003). Control de Calidad del agua. Procesos Físicoquímicos. Editorial Reverté S.A. ISBN 84-291-7522-9. Barcelona. Pág. 479
- Zapata A. C (2008). *Síntesis y caracterización de magnetitas pura y dopadas con Titanio*. Tesis de grado para optar el Título de magister en Ingeniería. Universidad de Antioquia. Medellín
- Zenteno, M.B & Garritz, A. (2009). *Secuencias Dialógicas, La Dimensión Cts Y asuntos Socio-Científicos En La Enseñanza De La Química*. Rev. Eureka Enseñ. Divul. Cien., 2010, 7(1), pp. 2-25. Recuperado de: http://garritz.com/andoni_garritz_ruiz/documentos/ZentenoMendoza-Garritz_Eureka%202010.pdf. ISSN: 1697-011X
- Zenteno, M.B & Garritz, A. (2009). *Secuencias Dialógicas, La Dimensión Cts Y asuntos Socio-Científicos En La Enseñanza De La Química*. Rev. Eureka Enseñ. Divul. Cien., 2010, 7(1), pp. 2-25. Recuperado de: http://garritz.com/andoni_garritz_ruiz/documentos/ZentenoMendoza-Garritz_Eureka%202010.pdf. ISSN: 1697-011X. pág. 14

10. ANEXOS

Anexo 1. Test inicial de relaciones CTSA y conceptos relacionados con nanopartículas magnéticas

Universidad pedagógica Nacional

Departamento de Química

Énfasis Disciplinar I: Sistemas electroquímicos



Test de Inicio

Apreciado estudiante: A continuación se presentan algunos ítems que están relacionadas con implicaciones socio-científicas de la nanotecnología (generalmente en química) y algunos aspectos de química en general. Responda a este test de manera autónoma e individual. Agradecemos de antemano su colaboración.

Para cada afirmación marque con una X en las *casillas* según:

1. Completamente en desacuerdo
2. En desacuerdo
3. No sé qué decir
4. De acuerdo
5. Totalmente de acuerdo

Afirmaciones	1	2	3	4	5
1. Los productos de la investigación en nanotecnología benefician a la sociedad respondiendo a las necesidades y demandas de la sociedad sin afectar al medio ambiente.					
2. El proceso de adsorción es un proceso <i>endotérmico</i>					
3. Todos los elementos químicos que puedan conformar una red metálica son magnéticos					
4. La nanotecnología es un novedoso campo del saber que requiere la aprobación y concertación por parte de todos los sectores de una sociedad con la finalidad de dar un rumbo y usos adecuados a los productos de su investigación					
5. Las problemáticas socio-ambientales generadas por el empleo de nuevas tecnologías y la actividad humana son responsabilidad netamente del Gobierno y organismos de control					
6. Una investigación en nanotecnología debe					

tener en cuenta los aspectos sociales, culturales y de territorio antes de emprender proyectos y actividades					
7. La nanotecnología a pesar de generar nuevas alternativas a problemas y demandas cotidianos puede generar problemas de contaminación y desigualdad económica y social					
8. El área superficial de una nano-partícula aumenta al dividirla finamente n veces cuanto sea posible					
9. La nanotecnología es la capacidad de observar, entender y manipular y controlar las propiedades de la materia a escala nano-métrica					
10. El Cr (VI) removido de aguas residuales y afluentes por medio de adsorción en magnetita puede ser reutilizado posteriormente					
11. Todos los óxidos de hierro tienen propiedades magnéticas					
12. Una innovadora y relativamente económica tecno-ciencia (como la nanotecnología) puede solo generar bienestar e igualdad entre los miembros de la sociedad donde sea esta aplicada.					

Anexo 2. Guía de laboratorio de síntesis de magnetita

Universidad pedagógica Nacional

Departamento de Química

Énfasis Disciplinar I: Sistemas electroquímicos



Síntesis de nano-partículas de Hierro por el método Hidrotermal

Objetivos:

- Sintetizar, separar y purificar magnetita a partir del método hidrotermal
- Comprender algunas propiedades importantes de la magnetita a través del proceso de síntesis, separación y purificación.
- Emplear la magnetita sintetizada en un estudio de adsorción de Cr (VI) que permita plantear hipótesis y conclusiones pertinentes para la situación problema del caso simulado

INTRODUCCIÓN

La magnetita es un óxido de hierro que en su estructura tiene tanto Fe^{3+} como Fe^{2+} y oxígeno, con fórmula molecular Fe_3O_4 o $\text{Fe}_2(\text{FeO})\text{O}_3$. Probablemente derivada del nombre de la localidad de Magnesia, en Macedonia. Una fábula de Plinio atribuía el nombre al de un pastor de nombre Magnes que descubrió el mineral al observar que se adhería a los clavos de su calzado.

Desde principios del siglo XX las partículas magnéticas se han utilizado como material en grabación magnética, en altavoces y tintas magnéticas (Tartaj, P citado en Roca, A 2009). Sin embargo, actualmente las nano-partículas de hierro como magnetita y maghemita son empleadas en medicina, catálisis y remoción de contaminantes en medios acuosos. El ferromagnetismo, área superficial y tamaño de partícula son las propiedades más importantes de este material.

El método hidrotermal descrito por Schwertmann y Cornell 1991 indica que debe partirse de Fe^{2+} y una temperatura adecuada ($70^\circ\text{C} - 80^\circ\text{C}$) para así con un oxidante adecuado oxidar las dos terceras partes del hierro a Fe^{3+} y luego alcalinizar fuertemente el medio para precipitar (Figura 1) el hierro Fe^{2+} y Fe^{3+} como Fe_3O_4 .

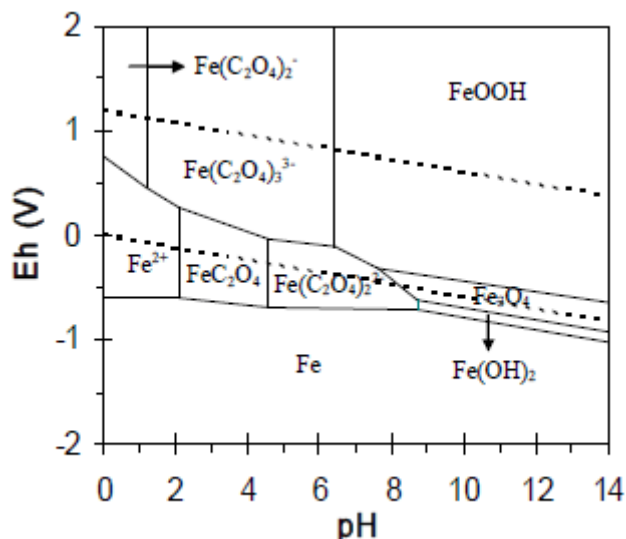
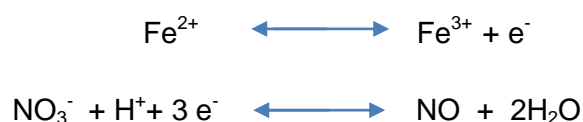


Figura 1. Diagrama de Pourbaix del Hierro

Así que para preparar cierta cantidad de magnetita *vía Hidrotermal* debe partirse de la premisa de que deben oxidarse las dos terceras partes del Fe^{2+} con NaNO_3 que debe ser medido estequiométricamente para evitar la “sobre-oxidación” del ion ferroso. La ecuación muestra el proceso:



Procedimiento

Materiales y Reactivos

- Erlenmeyer 250
- Termómetro
- Plancha de calentamiento
- Agitador de vidrio
- Caja de Petri
- Imán
- 2 Vasos de precipitados de 100 mL

- Cloruro de Hierro (II) (FeCl_3)
- Nitrato de Sodio (NaNO_2)
- Hidróxido de Sodio (NaOH)

1) SINTESIS

Primer paso

- **Solución 1.** Preparar una solución de (FeCl_2): Pesar 10 gramos de (FeCl_2) y llevar a volumen en un matraz de 100 mL.
- **Solución 2.** Preparar una solución que contenga 0.61 g de NaNO_3 y 4.7 g de NaOH en 35 mL de agua destilada

Segundo paso

- Verter la totalidad de la **Solución 1** FeCl_2 en un Erlenmeyer de 250 mL
- Calentar esta solución hasta una temperatura de 70°C a 80°C
- Una vez alcanzada esta temperatura adicionar la **Solución 2** y agitar constantemente.
- Mantener la temperatura entre 70°C y 80°C y agitar continuamente durante aproximadamente 30 minutos

Al adicionar la *solución 2* al Erlenmeyer que contiene la solución 1 se observará una coloración negra. Esto indica la formación de magnetita

2) SEPARACIÓN Y LAVADO

Primer paso: Separación por inducción magnética

- Una vez finalizada la reacción (30 minutos aproximadamente) haga uso de un imán colocándolo en la parte inferior del Erlenmeyer hasta que la solución se aclare totalmente. Descarte el sobrenadante
- Adicione 100 mL de agua destilada y agite vigorosamente. Nuevamente Haga uso del imán para poder botar el sobrenadante. **Repita este paso tres veces.**

Segundo paso: separación

- Adicione 100 mL de agua destilada al precipitado del Erlenmeyer y agite

- Vierta el contenido del Erlenmeyer en una cajita de petri. Inmediatamente coloque un imán debajo de la caja de petri hasta que se aclare totalmente la solución. Con ayuda del agitador de vidrio vierta el sobrenadante en un vaso de precipitados como se muestra en la **Figura 2**. Repita esto hasta que saque toda la magnetita del Erlenmeyer

3) Secado

- Deja secar en una estufa la magnetita con la caja de Petri a 65 ° C durante 24 horas
- Transcurridas las 24 horas de secado saque todo el contenido de la caja de Petri y macere hasta obtener u polvillo negro. Guarde en un recipiente seco y limpio.

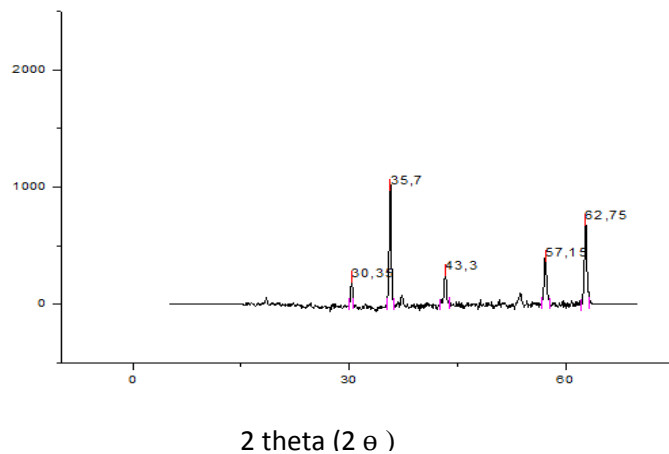
Cuestionario

- 1) ¿Qué diferencia hay entre ferromagnetismo y ferrimagnetismo?
- 2) ¿Qué es área superficial?
- 3) Consulte la estructura cristalina de la magnetita, y sus propiedades físicas.
- 4) Es bien sabido que este material puede ser empleado en la industria textil, pinturas, medicina entre otras. ¿Qué otros usos en química tiene la magnetita?
- 5) ¿Qué diferencias estructurales hay entre magnetita, hematita, maghemita?
- 6) Analice los benéficos y peligros que pueda tener este material nano-particulado en el medio ambiente, la economía, la ciencia y la tecnología y la sociedad. (Material de apoyo): *Nanotecnología: ¿beneficios para todos o mayor desigualdad?* Guillermo Faladori & Noelalvernizzi 2005.
- 7) Reporte el porcentaje de rendimiento de la síntesis de magnetita a partir de los gramos empleados de $\text{FeCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$
- 8) ¿Qué sucedería si se adiciona un exceso del oxidante empleado (NaNO_3) en la síntesis?

Reacciones:



- 9) ¿a qué se debe el fuerte magnetismo de la magnetita evidenciado durante todo el proceso?
- 10) Suponga que se tiene un cubo de 100 nanómetros de lado. A) Si se divide en ocho cubos iguales ¿cuál será el valor de la nueva área superficial? B) Si se divide en 64 cubos iguales ¿Cuántas veces se aumentará el área superficial?
- 11) ¿Cómo puede afectar al proceso de adsorción el aumento o disminución del área superficial?
- 12) El siguiente espectro de Difracción de Rayos X de una muestra los planos de difracción característicos de la magnetita sintetizada en el laboratorio por el Método Hidrotermal:



Calcule el tamaño de partícula de la muestra analizada si se hizo incidir una radiación Cu K_α igual a 1.5418 \AA . K es una constante igual a 0.9 y el FWHM en grados sexagesimales (Anchura de pico a la mitad de su intensidad máxima) del pico más intenso es 0.286. **(Utilice la ecuación de Scherrer y el FWHM debe ser expresado en radianes)**

Anexo 3. Noticia controversial verosímil

Gobierno adelanta proyecto para descontaminar ríos y quebradas contaminadas por curtiembres de Chocontá y Villapizón Cundinamarca

En un operativo realizado en septiembre de 2012 con la colaboración de la Policía, la Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca, CAR, suspendió vertimientos de cuatro curtiembres que contaminaban el río Bogotá en su recorrido por los municipios de Villapinzón y Chocontá.

Los desechos vertidos al Río Bogotá han sido tratados por medio de varios métodos que han resultado muy efectivos, asegura la CAR. Los desechos se comprenden desde materia orgánica hasta peligrosos contaminantes como sales de *Cromo* empleadas en la curtición del cuero. El cromo presente en estos desechos puede ser convertido de Cr (VI) siendo este un agente cancerígeno. Estas curtiembres ya habían adoptado protocolos de manejo de desechos orgánicos, pero no de tratamiento de contaminantes presentes en medios acuosos vertidos en suelos, en sembrados y afluentes como el Río Bogotá, afirma la CAR.

Hoy en día, existen varios adelantos tecnológicos que pueden beneficiar tanto al curtidor de Cueros como al medio ambiente, la salud pública y los ecosistemas, esto anterior, haciendo referencia a la posibilidad de “purificación” o remoción de Cr (VI) con un novedoso material: nano-partículas magnéticas de Hierro (Fe_3O_4), aseguran los expertos que “en condiciones óptimas se alcanzará una remoción del cromo alrededor del 75 %”. Sin embargo, este proyecto se encuentra en trámite de aprobación debido a que es posible que “sean mayores las desventajas que los beneficios” al emplear este material. Un grupo de investigación de una Universidad Estatal es el encargado de dar este dictamen, acerca de los dos principales aspectos a la hora de utilizar las nano-partículas magnéticas: Remoción del cromo (VI) y efectos negativos para el medio ambiente.

Anexo 4. Guía de laboratorio de síntesis de magnetita

Universidad pedagógica Nacional

Departamento de Química

Énfasis Disciplinar I: Sistemas electroquímicos



Síntesis de nano-partículas de Hierro por el método Hidrotermal

Objetivos

- ✓ Emplear la magnetita como adsorbente en un estudio de Cr (VI) con la finalidad de resolver a los interrogantes surgidos a partir de la controversia de la noticia.

Guía de laboratorio de adsorción

Introducción

El Cromo es un elemento químico metálico de transición que puede encontrarse en ciertos minerales, plantas y animales, este presenta números de oxidación de 2+, 3+ y 6+, este último formando compuestos solubles en agua. . El ión Cr^{3+} se considera un oligoelemento toda vez que interviene en numerosos procesos metabólicos y facilita el normal funcionamiento de algunas hormonas; por el contrario, el cromo con número de oxidación 6+ (presente en los iones $\text{CrO}_4^{=}$ y $\text{Cr}_2\text{O}_7^{=}$) es un oxidante poderoso, es altamente tóxico y está clasificado como un agente carcinogénico

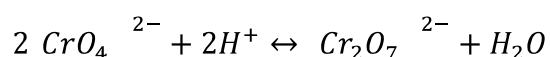
El Cromo VI es uno de los contaminantes más tóxicos que existen, entra en el aire, agua y suelo en forma de Cromo (III) y Cromo (VI) a través de procesos naturales y actividades humanas tales como el revelado de películas fotográficas, los procesos de curtiembre y la galvanoplastia, por lo tanto se considera un contaminante altamente tóxico que afecta directamente los afluentes.

La remoción de iones de metales pesados, presentes en efluentes acuosos, se puede llevar a cabo mediante sólidos adsorbentes. Los materiales adsorbentes son productos naturales o sintéticos creados con el objetivo de desarrollar una alta porosidad, para poder adsorber dichos iones, entre los más destacados se encuentran las zeolitas y las arcillas que tienen pequeñas superficies frente a los carbones activados que pueden llegar a tener una gran capacidad adsorptiva.

El carbón activado es un sólido poroso versátil, relativamente estable, con alta área superficial y con una estructura de microporos que no constituyen marcadas barreras de difusión aún bajo conformaciones granulares compactas; en segundo término, el carbón activado es un material renovable en la medida en que se obtiene a partir de materias primas vegetales (residuos agrícolas, madera, algas, semillas, cortezas), hulla, lignitos, turba y residuos poliméricos (caucho, plásticos, textiles); finalmente, las estructuras tipo grafeno del carbón activado, poseen grupos funcionales, tal que en virtud del método de activación o del tratamiento químico (oxidativo ó reductivo) confieren al adsorbente características fisicoquímicas de superficie excepcionales, que luego afectan los mecanismos de adsorción. (Céspedes, 2007)

La capacidad de adsorción de un carbón activado en solución depende de diferentes factores, entre ellos, se tiene la textura de los poros, la química superficial y el contenido de materia mineral del carbón; las características del adsorbato: el peso molecular, la polaridad, el pKa, el tamaño molecular, la solubilidad y los grupos funcionales. Otros factores importantes, son: la condición de las soluciones tales como el pH, la concentración del adsorbato, la presencia de otros posibles adsorbatos, la temperatura y la fuerza iónica

A pesar de su inestabilidad termodinámica, factores cinéticos permiten la existencia de varios compuestos de cromo (VI). Los más importantes de estos son los cromatos y los dicromatos. El ión cromato amarillo, CrO_4^{2-} sólo puede existir en solución en condiciones alcalinas, y el ión dicromato, $Cr_2O_7^{2-}$ anaranjado, solo en condiciones ácidas, a causa del equilibrio.



Tanto en los iones cromato como dicromato, el cromo tiene un estado de oxidación de +6; por lo tanto, el metal tiene una configuración electrónica d^0 . Sin electrones d podríamos esperar que éstas, y todas las configuraciones d^0 , fueran incoloras. Esto

obviamente no sucede. El color proviene de una transición electrónica del ligante al metal, proceso conocido como transferencia de carga. Es decir, un electrón se excita de un orbital p lleno del ligante a través de una interacción π y pasa a los orbitales d vacíos del ión metálico. Podemos representar el proceso como: $Cr^{6+} - O^{2-} \rightarrow Cr^{5+} - O^{2-}$

El ión dicromato tiene una estructura que incluye un átomo de oxígeno puente, (como se observa en la figura 1.0). Este ión es un agente oxidante, fuerte aunque la naturaleza carcinogénica del ión cromo (VI), implica que se le debe tratar con respeto, sobre todo el sólido en polvo, que se puede absorber a través de los pulmones. (Rayner, 2000)

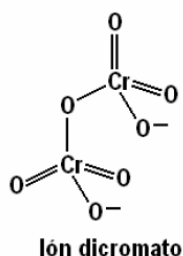


Figura 3. Representación esquemática del ión dicromato

El cromo hexavalente (Cr VI) se puede determinar en medio ácido por la formación del complejo rojo violeta con difenilcarbazida (DFC). La reacción de la difenilcarbazida con cromo (VI) es selectiva y ocurre de la siguiente manera:

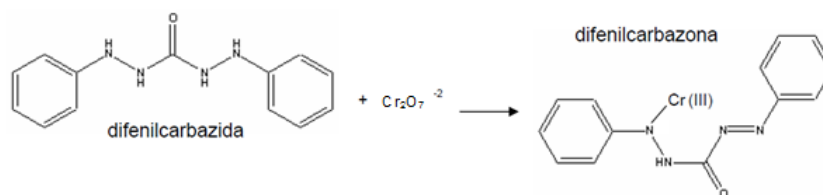


Figura 4. Reacción de ión dicromato con la difenilcarbazida

Como se puede observar el cromo (VI) pasa a cromo (III) esto con el fin de disminuir su toxicidad.

Primera sesión

Preparación de las soluciones:

Usted dispone de una solución de 500 ppm de cromo VI preparada a partir de dicromato de potasio ($K_2Cr_2O_7$), a partir de ella prepare 25 mL de soluciones de cromo VI a las siguientes concentraciones 200, 100, 50, 25 y 10 ppm.

Pese 0,1 g de magnetita y transfíralos a un frasco ámbar, luego adicione las soluciones que acaba de preparar. (Recuerde cada solución debe estar en un frasco ámbar diferente.)

Concentración de la solución de Cr (VI) (ppm)	Cantidad de carbón activado (g)
200	
100	
50	
25	
10	

Mida el pH de las soluciones y posteriormente someta a constante agitación a temperatura ambiente durante ocho días esto con el fin de alcanzar la condición de equilibrio.

Al día siguiente mida nuevamente el pH de las soluciones, esto con el fin de conocer la variación.

Día	pH
Primer día	
Segundo día	
Cuarto día	
Séptimo día	

Construcción de la curva de Calibración

Determinación de Cromo VI en las soluciones a partir del método colorimétrico de la difenilcarbazida.

Diseño de Curva de calibración:

De una solución de 50 ppm de cromo VI preparada a partir de dicromato de potasio ($K_2Cr_2O_7$) y agua, preparar una solución de 5 ppm.

A partir de esta solución preparar 25 mL de soluciones de Cr (VI) a las siguientes soluciones 1; 0,8; 0,6; 0,4 y 0,2 ppm llevarlos a balones aforados de 25 mL, además a estos balones se les debe adicionar:

- 2 ml de ácido sulfúrico (H_2SO_4), [1N].
- 0,5 ml de persulfato de amonio $(NH_4)_2S_2O_8$, 0,25 % m/v
- 0,5 ml de 1,5-difenilcarbazida 0,25 % m/v en acetona
- Y se completa a volumen con ácido sulfúrico H_2SO_4 , [2 N]

Para la preparación del blanco solo se agrega:

- 2 ml de ácido sulfúrico (H_2SO_4), [1N].
- 0,5 ml de persulfato de amonio $(NH_4)_2S_2O_8$, 0,25 % m/v
- 0,5 ml de 1,5-difenilcarbazida 0,25 % m/v en acetona
- Y se completa a volumen con ácido sulfúrico H_2SO_4 , [2 N]

Una vez se tiene el blanco se debe ajustar el equipo a cero y con una de las otras soluciones se hace un barrido en el espectrofotómetro desde los 400 hasta los 650 nm, esto con el fin de obtener el punto de máxima absorbancia; (se espera que este se encuentre entre los 540 nm a los 546 nm).

Concentración de Cr (VI) (ppm)	Lectura de la absorbancia			
	1	2	3	Promedio

Lectura de las soluciones previamente elaboradas, a las cuales se les adiciono carbón activado:

Con las soluciones previamente elaboradas, es necesario hacer una nueva dilución y llevar a cada una a una concentración de 0,8 ppm en Cr (VI), considerando en este caso que la concentración inicial es la misma. Nota: La alícuota necesaria para realizar el análisis de la muestra debe estar lo más clara posible, por lo que antes de empezar el método debe filtrarse a través de un papel filtro de poro fino.

Posteriormente se realizan las respectivas lecturas de absorbancia a la longitud de onda seleccionada en el espectrofotómetro y a partir de la curva de calibración y teniendo en cuenta las diluciones, calcule la concentración remanente en la solución y luego la cantidad de cromo (VI) retenida por gramo de magnetita Fe_3O_4 .

Concentración de Cr ^(VI) (ppm)	Lectura de la absorbancia				Concentración final en ppm de Cr (VI)
	1	2	3	Promedio	
250					
200					
100					
50					
10					

Cálculos

Graficar curva de calibración (Absorbancia en función de la concentración de cromo (VI)).

Obtener los siguientes datos:

V_i (mL)	CA g	C_i (ppm)	C_e (ppm)	Q_e (mg g ⁻¹)

Donde:

V_i = Volumen inicial

g = Cantidad de carbón activado adicionado

C_i = Concentración Inicial

C_e = Concentración en el equilibrio

Q_e = Masa de soluto adsorbido por unidad de masa del adsorbente mg/g

$$Q_e = \frac{\text{Concentración inicial} - \text{concentración en el equilibrio (ppm)} * 0.025 L}{\text{Gramos de Carbón Activado}}$$

Graficar la isoterma de Langmuir

Graficar la Isoterma de Freundlich

Buscar el diagrama de especies y relacionarlo con los cambios de pH.

Determinar la desviación.

CUESTIONARIO

1) ¿Cómo puede influir el pH en el proceso de adsorción?

2) Complete la siguiente tabla:

V_i (mL)	Fe_3O_4 g	C_i (ppm)	$C_{\text{equilibrio}}$ (ppm)	Q_e (mg g ⁻¹)

Q_e Masa de soluto adsorbido por unidad de masa del adsorbente mg/g:

$$Q_e = \frac{\text{Concentración inicial} - \text{concentración en el equilibrio (ppm)} * 0.025 \text{ L}}{\text{Gramos de Carbón Activado}}$$

A) Construya la Isoterma de Langmiur

B) Graficar la Isoterma de Freundlich

3) Si la magnetita es un buen adsorbente, ¿es posible emplearla en este caso sin ninguna restricción?

4) ¿Qué implicaciones a nivel ambiental podría tener el uso de esta técnica?

5) de acuerdo con la metodología que resulta sencilla y económica con la posibilidad de ser subsidiada por el gobierno local ¿es posible implementar reactores en las curtiembres? ¿Qué opinas?

Bibliografía

- Céspedes, Nubia. (2007) Remoción de Cromo (VI) de soluciones acuosas por adsorción sobre carbones activados modificados. Revista Colombiana de Química. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá Colombia.
- Rayner Canham (2000). Química Inorgánica Descriptiva. Segunda Edición. Pearson Education. México.
- Arriagada Renán, García Rafael. Retención de Hg(II) y Cr(VI) en carbones activados de origen lignocelulósico. Facultad de Ciencias Químicas, Universidad de Concepción. Chile
- <http://www.textoscientificos.com/quimica/carbon-activo/materiales-adsorbentes>
- CARBALLO, Suárez Luís M. Introducción a La Catálisis Heterogénea. Ed. UNAL. Bogota. 2002.
- Journal of chemical Education. Determination of the specific surface area of solids by means of adsorption data. V 64 N° 2 February 1987.
- Journal of Chemical Education. Kinetic study of adsorption processes in solution. V 62 N° 9 September 1985.
- LEIDLER, K, J and Meisser. J.H. Físicoquímica. 2da. Edición en inglés. Primera Edición en Español. Compañía Editorial Continental. S.A. de C. V. 1997.

Anexo 5. Juegos de Roles

MODERADOR: Buenas tardes. {...} Vamos a escuchar a cada una de las partes, a la CAR, las curtiembres, al gobierno, a la comunidad del sector que se ven afectadas, {...}, al sector científico y a la comunidad educativa. En primer lugar, empezaremos a escuchar los argumentos de la CAR {...}

CAR: Nosotros somos una población autónoma regional. Lo que tenemos que ver con estas curtiembres es acerca del cierre, ya que se hizo efectivo y las causas que ustedes como empresarios ya conocen y que, sin embargo, queremos recordarles, según el acuerdo 08 del 2004, en el cual la CAR informa los impactos que se producen sobre el ambiente y la salud humana; se cuentan los efectos en los cuerpos de agua, principalmente la contaminación con Cromo, con otros componentes como sulfatos, y el aumento y disminución excesiva del pH del agua. Esta es la principal causa por la cual hemos tenido que proceder al cierre. Ustedes bien han revisado un manejo de los residuos sólidos, sin embargo las fuentes de agua aún se ven afectadas, por lo cual, nosotros como corporación estamos obligados a hacer cumplir la norma y, principalmente, porque se están sobrepasando los niveles de Cromo, tanto fisicoquímicos como biológicos, que es de 0,01 ppm. En cada uno de estos aspectos, al estar sobrepasando estos niveles, la única opción es de ustedes puedan adoptar lo que el gobierno nacional les propone o el cierre será definitivo.

MODERADOR: Muchas gracias. Ahora escucharemos la posición de los dueños de las curtiembres.

DUEÑO N° 1: Buenas tardes. Con respecto a lo que afirma la CAR, el comité de la CAR, nosotros aceptamos los términos en los que se dejó la respectiva revisión de nuestra empresa, La ternera blanda, y con base en esto decidimos acudir al comité científico para que nos diera una solución. Efectivamente, a partir de lo que nos dicen ellos, hay un tratamiento que está desarrollándose y recurrimos a ellos para ver si es posible aplicarlo a nuestra empresa, que es a través del tratamiento con nanopartículas de hierro para remover el cromo.

DUEÑO N° 2: Queremos dejar claro que cada vez sale una nueva ley sobre el tratamiento ambiental, esperamos que al usar la nanotecnología, ésta tampoco tenga otra implicación ambiental que después nos obligue a hacer otro arreglo,

puesto que sostener a la empresa y hacer las modificaciones que pide la ley nos implica un gasto enorme a nivel económico.

MODERADOR: Muchas gracias a los dueños de las curtiembres. Ahora escucharemos a los delegados del gobierno.

GOBIERNO: Bueno, nosotros, tal como se mencionaba en el comunicado, estamos dispuestos a colaborar tanto a la CAR como a los dueños de las curtiembres, tratando de financiar cierto porcentaje para contratar unos dispositivos que almacenen Cromo, como lo acaban de decir los de las curtiembres, por medio de nanopartículas de hierro. Pero de igual manera, dejamos en claro que el gobierno quiere que la legislación Colombiana se cumpla, por ello, nuestro mayor representante será la CAR, en este proceso. Igual, abre las vías de diálogo con las personas de las curtiembres para hablar acerca de la financiación de estos tipos de procesos.

MODERADOR: Muchas gracias. Ahora la comunidad del sector tiene la palabra.

COMUNIDAD DEL SECTOR (JACCH): Nosotros somos parte de la Junta de acción comunal de Chocontá. Nosotros hicimos una encuesta, preguntando a los habitantes del pueblo, por lo menos a quienes se han visto afectados, a los trabajadores de las curtiembres, habitantes cercanos a estas, etc., sobre qué les ha parecido la propuesta que tiene el gobierno de financiar las alternativas de abrir las curtiembres, y les ha encantado. Unos porque así habrá más posibilidades de trabajo si las abren y, otros, porque están de acuerdo con que se eliminen definitivamente los problemas de contaminación que causan estas curtiembres, ya que ustedes hablan del Cromo, que es cancerígeno, así que están (el pueblo) de acuerdo.

Yo tengo una pregunta, y es más para la comunidad científica y es: ¿Qué pasa con los residuos de nanopartículas cuando ya se utilicen y recojan Cromo? ¿Qué pasa después? Porque esto generaría más basura, y otro tipo de contaminación. ¿Qué tan seguras son esas nanopartículas magnéticas?, porque también consumir este tipo de materiales, si quedan en el ambiente y si son consumidas ¿qué peligros puede representar para la salud de la población?. Otra cosa que si me gustaría saber es: ¿Qué va a suceder con los residuos del proceso de adsorción?

Estudiante 2: Buenas tardes, yo también pertenezco a la junta de acción comunal, Yo tengo otra pregunta. Es acerca de la financiación, pues tenemos muchas dudas, ya que esto es tan costoso, por lo novedoso y todo eso, ¿van a ser financiadas todas las curtiembres cerradas en este proceso?, En el momento son

más de 100 empresas de curtiembres que encontramos en el lugar, entre Chocontá y Villapinzón, y de estas, la mayoría no cumplen con los requerimientos que pide la CAR, y tampoco tienen los recursos para tratar los desechos contaminados por Cromo (VI)

Moderador: Hasta este punto han quedado varios interrogantes que definirán los acuerdos para esta problemática.

Fin de la sesión.

(Laboratorio de adsorción de Cromo (VI) en magnetita)

Segunda Sesión caso simulado

Moderador: Recibe la palabra el comité científico

Comité científico:

Según los resultados del proceso que hicimos, la adsorción de cromo (VI) en magnetita es muy bueno, en algunos casos tuvo una adsorción de 80 ppm de una solución inicial de 100 ppm en Cr (VI), y de 25 mg cromo (VI)/g de magnetita. Podemos decir que la magnetita es un buen adsorbente, pues la cantidad queda reducida en un veinte por ciento alejando la concentración de los límites máximos de concentración que pueden ser riesgosos.

Sin embargo el impacto ambiental que va a generar el residuo de magnetita que contiene cromo Cr (VI). Como decía la comunidad del sector se está generando un residuo de la magnetita y aún no se sabe que se va a hacer para solucionar esto, porque prácticamente se va a requerir más dinero del gobierno o de las mismas curtiembres para subsanar otros procesos posteriores, como desorber el adsorbato de la magnetita y reducir el cromo (VI) hasta cromo metálico, así para que no sea peligroso reutilizable. Y con la magnetita también, que procesos se requieren para purificarla y volverla a emplear.

Comité de la CAR

Estudiante 2: y los ponen en población con la empresa que está desarrollando esta idea de producción de pieles de una forma limpia

Estudiante 2: La segunda aclaración es lo que hace referencia a lo que se preguntaba sobre qué se va a hacer con los residuos producidos en el proceso, valga la redundancia, y asesores externos a nosotros nos han dicho que sí se puede recuperar el Cromo y que luego se puede volver a utilizar el material, entonces, claro que hay que hacer una inversión adicional y hay que mirar quién va a hacer la recolección de este material pero que no vaya a ser un limitante en mejorar los procesos y mejorar la situación ambiental de la zona y del río, particularmente, en un punto como este de saber quién es el que va a recoger esto. Tenemos que mirar en qué momento va una empresa o algún ente regulador, por ejemplo la CAR, la cual inicialmente se me ocurre. Esas eran las dos aclaraciones que quería hacer.

Estudiante 2: Bueno, además de esto, la CAR, principalmente, bueno esta no es una idea que surja de ayer a hoy y que el cierre se haga indiscriminadamente pues hay que tener en cuenta que las empresas cerradas son una mínima parte al gran funcionamiento de curtiembres que están funcionando en Cundinamarca y principalmente en este sector, las 4 fábricas que se han tenido en cuenta se han cerrado por: 1) hacer cumplir la norma y 2) porque se pretende poder implementar este proceso, si es que los empresarios quieren con la empresa investigadora, porque además este no es el único proyecto que se está desarrollando, La CAR, sobretodo en Villa Pinzón, Chocontá y Cogua ha venido desarrollando otros proyectos distintos con otros investigadores que han permitido mejorar un poco el impacto ambiental del Cromo, especialmente en aguas, por eso decimos que no es la única opción que ofrecemos, hay otras opciones también que permiten que las estrategias continúen. Esta es una buena estrategia ya que como el comité técnico-científico nos comentó pues permite una mejor adsorción de este material en las nanopartículas, y como bien decía mi compañero, pues también tenemos en cuenta que sí se puede recuperar el material, que era la preocupación de que iba a producir mayor contaminación. Solamente es comentar l ente investigador que pueda buscar las alternativas para que ese cormo retenido y encapsulado se pueda reutilizar, tanto la magnetita, el material de la nanopartícula, como el Cromo. Estas son las apreciaciones que nosotros desde la CAR hacemos. Cundinamarca, según lo que pretendemos es que debería tecnificar sus empresas tal como está pasando en otros sectores del país., que cuentan con menos

curtiembres pero más tecnificadas. porque n es sólo por cerrar las fábricas y decir que ya no va a haber más trabajo para estas personas pues afectaría la parte económica y social que es sumamente importante,

MODERADOR: Tenemos otra opción del comité de trabajadores de las curtiembres.

Dueño 2: Bueno, nosotros como dueños de las curtiembres nos encontramos en un punto delicado puesto que estamos perjudicados en gran medida a nivel económico. Nosotros nos acogemos a lo que dice la CAR en cuanto que el gobierno financia más no da los recursos para poder hacer esa modificación al proceso técnico, lo cual a nosotros nos implicaría un gasto adicional que se vería a largo plazo interviniendo en todo el proceso que nosotros hacemos pues tendríamos que subir el costo de nuestros productos y la demanda va a ser inferior, porque al incluir ese proceso de recuperación del cromo nuestra industria esto nos implicaría que tenemos que aumentar el precio el producto. Entonces, la pregunta también va para el comité científico en la medida en que si recuperamos el cromo, ¿este puede tener después algún uso a nivel industrial? ¿Cuál sería? Por otro lado, aunque la CAR solamente ha cerrado una minoría de curtiembres, a largo plazo se van a cerrar muchas más, porque van a tener que adoptar este sistema y este sistema no los van a poder sostener económicamente, lo cual afectaría totalmente a la comunidad, por ende, sería bueno que el gobierno y la CAR brindaran una alternativa más sustentable a nivel económico y que no perjudique a ninguno.

MODERADOR: Muchas gracias. Tiene la palabra la CAR.

CAR: Lo que pasa es que cuando la CAR plantea este proceso, en específico este, lo hacemos desde una normatividad que está hace muchos años. No es que la CAR haya implementado esta normatividad porque se le ocurrió, sino que es algo que ya lleva mucho tiempo. En estos termino, cuando ustedes nos dicen que se están viendo afectados económicamente, uno entiende e intentamos negociar en algún momento para que se implemente lo que tengan que implementar, pero la CAR no puede ceder en términos de ley, porque la CAR no es órgano legislativo, la CAR no ordena, la CAR simplemente es un ente que hace cumplir porque es un ente regulador, por eso no podemos establecer cuánto es la concentración máxima de Cromo en agua o cuál es este proceso sino que nosotros nos atenemos a lo que dicen las normas y si las normas no se están cumpliendo pues procedemos a cerrar el establecimiento industrial, independientemente de que sean 4 o 10 o 20,

claro, uno tiene que ver el impacto que eso tiene socialmente y como lo está diciendo claramente la comunidad del sector, nosotros también tenemos que ver qué impacto tiene en ustedes esto, pero es que la CAR lo que le preocupa realmente en este momento es la situación medioambiental de la zona, que es una situación muy compleja y es a lo que nosotros como entidad nos corresponde en este momento. Hay otros entes del gobierno que estarán preocupados por la producción, por el costo o beneficio del producto, etc., pero a la CAR lo que en este momento le compete es mirar el impacto en el ambiente.

COMUNIDAD DEL SECTOR: A nosotros como comunidad del sector, nos preocupa que la CAR, dicen ellos, que financian a las curtiembres que aún siguen abiertas para que implementen esta tecnología, ¿cierto?, eso requeriría que las curtiembres y sus dueños, y las curtiembres pequeñas se comiencen a endeudar para poder implementar estas tecnologías y estos procesos. Yo creo que la capacidad de endeudamiento de una curtiembre no alcanza para todo el que debe dar este proceso de nanotecnología con partículas de magnetita. El endeudamiento de una curtiembre no puede exceder los 50 o 60 millones porque es demasiado el dinero para la cantidad de obreros, de técnicas, de transporte y de todos los procesos que lleva una curtiembre. Esas son algunas de las cosas que quería la CAR aclarar. Por otro lado, la tecnificación de estos procesos que se harían de cierto modo en el río Bogotá, sobre él y no en las curtiembres, ¿cambiaríamos tecnificación por tradición? Y, adicional a eso, ¿qué pasaría con la mano de obra? Si nosotros tecnificamos un proceso, eso significa que la mano de obra va a decaer.

MODERADOR: Muchas gracias. Tiene la palabra otra vez la CAR y posteriormente el comité científico.

CAR: Primero que todo, vamos a detenernos un poquito en esto de la financiación. El momento en que estamos dando la financiación no es de la corporación sino el gobierno que va a presentar por medio de la empresa investigadora estos planes de financiación. Entendemos la cuestión del endeudamiento, pero eso no es algo que nosotros planteamos. Con el gobierno nacional dijimos que habría que buscar una solución a esto, porque es un problema que está impactando al medio ambiente pero también a la parte económica y social como ya lo hemos mencionado. Por eso, con respecto a la financiación nos entendemos con el gobierno directamente. Pero, lo que se dice de tecnificar el proceso, lo que nosotros vemos en cómo se plantearía esta estrategia no es que nosotros

vayamos a tecnificar todo el proceso de curtiembre, lo que se va a hacer es que vamos a utilizar unos mini reactores para que puedan remover el Cromo, por lo tanto no se va a tecnificar todo el proceso. El proceso en donde nosotros entramos a intervenir es en cómo disminuir ese impacto ambiental del Cromo en el agua mediante esos mini reactores que nos está ofreciendo la empresa investigadora. Es decir, no es que a partir de este reactor, el reactor haga todo el trabajo y la curtiembre se venga al piso porque el trabajo lo vaya a hacer solo una máquina y las familias se perjudiquen, y todo lo que eso socialmente implica. Lo que nosotros entendemos mediante ese proceso, que el gobierno y la empresa, quienes no vinieron los representantes, aclarar cómo va a funcionar ese mini reactor, que es lo que va a proporcionar que el impacto ambiental sea menor, entonces espero con esto acurar algunas dudas que ustedes planteaban.

MODERADOR: Antes de continuar, en un informe que ha dado la empresa encargada de la construcción del mini reactor, ellos especifican que van a hacer un reactor de unas dimensiones que sean más o menos de 1 m³. Entonces, lo que se va a hacer es que cuando salgan los desechos, que están en un medio acuoso, van a entrar al reactor y ahí va a estar presente la magnetita por un periodo de tiempo con unas condiciones óptimas de pH, de presión, de temperatura, que van a permitir que haya una adsorción de un alto porcentaje. Posteriormente al proceso de adsorción lo que se va a hacer es una remoción o una separación por inducción magnética, por medio de unos campos magnéticos que tiene el reactor y se hace el vertimiento del agua. Así quedaría descontaminada, en cierto porcentaje, el agua que se desecha después de un proceso. Muchas gracias. Ahora la palabra la tiene el gobierno.

GOBIERNO: Para nosotros, el gobierno, es complicado que este problema este afectando a tantos sectores. Pero debemos tomar decisiones que no siempre son beneficiosas para todos. La comunidad del sector tiene varios puntos de vista que son claros y lo mismo la empresa y el ente regulador. Primero, nosotros tenemos que escuchar al ente regulador respecto a la legislación que se está dando en relación a este tipo de contaminación. Después de escuchar las opiniones, la mejor idea que se nos ocurrió fue la de lograr la tecnificación teniendo en cuenta todo lo que nos planteó la empresa y al escuchar la opiniones de la comunidad científica, que nos están dando unos datos sobre qué tan adsorbente que es este material y las nanopartículas, y no quedamos muy seguros de que el proceso si sea efectivo o no. Cuando nos dieron los datos nos dijeron para que servían, pero

a la vez nos decía cosas que nos perjudicaban más de lo que nos estaban colaborando. Quiero saber hasta donde la comunidad científica está segura de lo que vamos a hacer, si en realidad puede ayudarnos a mitigar la parte económica de la empresa y así plantear un proyecto que mitigue el impacto al sector. Porque nosotros necesitamos tomar decisiones y la plata está ahí.

GOB 2: Un segundo punto que el gobierno plantea es hacia la comunidad educativa acerca de cómo las universidades nos podrían colaborar haciendo estudios sobre nuevos materiales que puedan mitigar este tipo de problemas con un bajo presupuesto para que nosotros como gobierno podamos financiar bajos costos para la tecnificación del proceso.

CAR: Esperamos que nos tendrán que dar un presupuesto frente a lo que ustedes gastarían para hacer la investigación. Nosotros como entidad reguladora nos daremos cuenta de si es probable dar ese dinero o no. O si necesitamos de otro proyecto. Tal vez ese no sea porque se necesite uno más económico. Porque si hay dinero pero no podemos gastarlo si hay muchos problemas.

MODERADOR: Tiene la palabra el comité científico.

COMITÉ CIENTIFICO: Como comité científico, queremos aclarar la parte que hablaba la CAR. Si estamos diciendo que es una solución viable para las curtiembres porque aunque solo fueron cinco días que se vieron de la adsorción, entre más grande era la concentración mayor fue la adsorción. Entonces creemos que si pasan más días mayor será la adsorción, pero vamos a extraer la Magnetita, y esta va a seguir generando residuo y qué va a hacer el gobierno con ese residuo que se está generando, por qué eso va a ser otro factor de impacto ambiental. Ahí se tiene que ver si el gobierno está en la capacidad de poder financiar a las curtiembres, también el proceso de adsorción de la magnetita, porque ya serían dos procesos que ellos tiene que financiar con respecto a la solución que les están dando.

GOB 2: Económicamente si es viable desde que, por una parte, se invierte para aquello que dice la comunidad sobre lo que pasa después de que se adsorbe y después que se adsorba, la idea es implementar otra técnica para convertir Cromo 6 en Cromo 3 y volverlo a utilizar. Y así, al volverlo a utilizar pues no hay necesidad de adquirir de nuevo Cromo 3. Se está ahorrando esa parte del proceso y económicamente.

MODERADOR: Bueno, entonces hay que tener en cuenta los siguientes aspectos: la problemática central es que se intenta reabrir las curtiembres, pero que un

requisito para esto es que se implemente esta técnica pues ya las curtiembre, mal o bien, tiene procesos para controlar los desechos de la materia orgánica, para algunos sólidos peligrosos y otros contaminantes pero no hay suficiente procesos para remover el cromo. Sabemos que, a manera de conclusión, el comité científico ha determinado que si es posible emplear la magnetita como un buen adsorbente, pero surgen otras problemáticas, por ejemplo, después del proceso como lo es lo que va a suceder con el Cromo que se adsorbe, también que no es rentable estar comprando todo el tiempo nanopartículas magnéticas es una empresa o laboratorio porque pueden ser costosas sino que la idea es que se pueda desorber el Cromo que está en la magnetita y reutilizar la magnetita como tal, tal como lo dijeron que la vida útil no sea sólo para un proceso de adsorción.

Otra problemática, que es necesario concluir es el proceso de financiación pues toca mirar qué facilidad dará el gobierno para la financiación, si es rentable como dicen los dueños de las curtiembres. Otro punto importante que se suscitó, son las ventajas y desventajas del uso este material. Probablemente sea tóxico o no. Puede que en el proceso de adsorción, al momento de hacer la separación magnética, algunas partículas se vayan en la fase líquida que se vierta otra vez en los ríos, que supuestamente ya está contaminada, entonces, habría que mirar la toxicología de la magnetita y la pertinencia en costos y ya todo lo que se ha mencionado ¿Alguien más tiene conclusiones? ¿A qué arreglo podremos llegar?

DUEÑOS: Como representantes de las curtiembres, el proceso es mitigar el daño ambiental pero puede traer otro tipo de daño ambiental lo cual nos obligaría volver a cambiar el proceso y a hacer otra inversión lo cual nos obligaría a cerrar e irnos. Eso traería otras implicaciones que a largo plazo también nos va a perjudicar nuevamente.

Anexo 6. Test final de relaciones CTSA y conceptos relacionados con las propiedades de la magnetita

Universidad pedagógica Nacional

Departamento de Química

Énfasis Disciplinar I: Sistemas electroquímicos



Test de Finalización

Apreciado estudiante: A continuación se presentan algunas cuestiones relacionadas con el juego de roles y las propiedades de la magnetita y otros conceptos científicos relacionados.

Para cada afirmación marque con una X en las *casillas* según:

- 1) Completamente en desacuerdo 3) No sé qué decir
2) En desacuerdo 4) de acuerdo
5) Completamente de acuerdo

Afirmaciones	1	2	3	4	5
1. El uso de la magnetita puede implicar impactos ambientales, peores que el que se intentar remediar, si no se estudian las posibles causas y efectos antes de aplicar esta tecnología.					
2. El proceso de adsorción es un proceso <i>exotérmico</i>					
3. Generalmente la estructura cristalina de magnetita es cúbica y puede ser identificada por medio de un análisis de difracción de rayos X					
4. La nanotecnología es un novedoso campo del saber que requiere la aprobación y concertación por parte de todos los sectores de una sociedad, con la finalidad de dar un rumbo y usos adecuados a los					

productos de su investigación					
5. Las problemáticas socio-ambientales generadas por el empleo de nuevas tecnologías y la actividad humana son responsabilidad netamente del Gobierno y organismos de control					
6. Para una investigación en nanotecnología No se debe tener en cuenta aspectos sociales, culturales y de territorio, ya que los productos de este campo del saber tienden solo a optimizar procesos y sirven como alternativa a dificultades a nivel técnico e industrial.					
7. La nanotecnología genera nuevas alternativas a problemas y demandas cotidianos, por lo tanto es imposible que pueda generar problemas de contaminación y desigualdad económica y social					
8. El fuerte magnetismo que presenta la magnetita es debido a que los spines de los cationes hierro de su estructura NO están alineados pero tienen la misma dirección. Sin embargo algunos no se anulan permitiendo al material magnetizarse. Una vez se retire el campo magnético, vuelven a su posición normal.					
9. Al aumentar el área superficial de la magnetita se disminuye en la capacidad de adsorción debido a que aumenta el área superficial.					
10. La totalidad del Cr (VI) puede ser adsorbido por la magnetita, por eso la Absorbancia en las mediciones siempre fue igual a cero.					
11. La obtención de la magnetita depende en buena parte de las cantidades estequiométricas que se midan para asegurar que las dos terceras partes del hierro (II) se oxide a hierro (III)					
12. Una innovadora y relativamente económica tecno-ciencia (como la nanotecnología) no genera solo bienestar y facilidades					

Agradezco infinitamente su colaboración. Éxitos en todos sus proyectos.

Anexo 7. Rejilla de análisis de contenidos curriculares

<i>Investigación en el espacio académico</i> <i>(anexo 6)</i>	Sistemas inorgánicos I				
	Justificación	Núcleos temáticos	Metodología	Evaluación	Competencias a desarrollar
Explicita	En este espacio académico, y dentro de un contexto teórico y epistemológico de fundamentación, se pretende suministrar herramientas conceptuales, actitudinales y metodológicas relacionadas con el estudio de la nucleogénesis y otras temáticas consecuentes con espacios académicos anteriores.	-Los elementos químicos -Química de los elementos no metálicos -Aplicaciones de los elementos no metálicos -Ciclos de los elementos no metálicos -Semiconductores	No presenta ningún indicador relativo a relaciones CTSA respecto a la nanotecnología, o abordaje de conceptos científicos desde problematizando su aplicación o propiedades.	- 60% Pruebas periódicas - 30% Informes de Laboratorio - 10% Trabajos escritos Se realiza de manera escrita, individual y presencial de los conceptos vistos en clase.	- Reconocer la importancia del autodesarrollo, de la actualización, del manejo de tecnología aplicada a la educación, de la toma de decisiones y de la planificación en el desarrollo del pensamiento creativo. - Relaciones entre las propiedades de los elementos no metálicos y aplicarlas a nivel teórico y experimental. - Realizar con eficacia y eficiencia prácticas de laboratorio, informes, talleres, guías de aprendizaje y demás actividades relacionadas

					- Explicar y utilizar procedimientos experimentales, realizar la selección de variables e interpretar su comportamiento según los resultados obtenidos en una práctica de laboratorio
<i>Implícita</i>			Metodología habitual y magistral.		Se pretende desarrollar habilidades investigativas relacionadas con procesos algorítmicos y matemáticos

<i>Investigación en el espacio académico</i>	Sistemas inorgánicos II				
	Justificación	Núcleos temáticos	Metodología	Evaluación	Competencias a

					desarrollar
Explicita	Este espacio académico se continúa con la estructura del semestre anterior (sistemas inorgánicos I) "o sea que se contemplan varios núcleos problémicos y sus respectivos "problemas a resolver". En los cuales se consolidan conceptos específicos como: estructura, compuestos de coordinación, metalurgia y aleaciones, entre otros. Así mismo, en este espacio trata de la química de los elementos metálicos en su dimensión descriptiva, estructural, estado natural, ciclos en la naturaleza, aplicaciones e impacto social, ambiental y tecnológico.	-Química inorgánica estructural - Química de los elementos metálicos - Aplicaciones de los elementos metálicos - Metalurgia - Aleaciones - Compuestos de coordinación (No se hace referencia a materiales que tengan algún vínculo con la nanotecnología)	Presenta indicadores relativos actividades de reflexión y argumentación de problemáticas particulares. (Pueden enmarcarse en problemáticas de pito ambiental) No especifica relaciones CTSA respecto a la nanotecnología, o abordaje de conceptos científicos desde su problematizando su aplicación o propiedades.	- 60% Pruebas periódicas - 30% Informes de Laboratorio - 10% Trabajos escritos Se realiza de manera escrita, individual y presencial de los conceptos vistos en clase. - Elaboración y presentación de reportes o informes escritos y / o orales (individuales, grupales y de plenaria) - Participación oral en plenarias, discusiones en contextos particulares en la clase. - Argumentación y relación de conceptos a través de esquemas	- Competencias de tipo procedimental, elaborar y seguir procedimientos, tanto los presentados por el profesor como los propuestos por el estudiante. - Establecer relaciones entre las propiedades de los elementos metálicos a nivel teórico y experimental. - Relaciones entre la química de los no metales y la vida diaria. - Establecer relaciones entre la química de los no metales y otros campos del saber. - Integrar elementos conceptuales alrededor de las salidas de campo.

	Una descripción más detallada se presenta a continuación.			conceptuales, elaboración de mapas, talleres, rejillas, entre otros. - Se realizaran tres (3) revisiones conceptuales escritas y semanalmente se realizaran cuestionamientos individuales.	- Desarrollar la competencia para la resolución de problemas, el establecimiento de sus condiciones, la elaboración de síntesis y de extrapolación.
<i>Implícita</i>			Metodología habitual y magistral.		Se pretende desarrollar habilidades investigativas relacionadas con procesos algorítmicos y matemáticos

<i>Investigación en el espacio académico</i>	Sistemas Orgánicos I y II				
	Justificación	Núcleos temáticos	Metodología	Evaluación	Competencias a

					desarrollar
Explícita	<p>La importancia de este espacio académico</p> <p>Sistemas Orgánicos II radica es que en éste, se cierra el ciclo de los Sistemas Orgánicos, en el cual los estudiantes se concientizarán aún más de la gran familia de compuestos originados a partir del Carbono con sus aplicaciones a nivel industrial y con la participación de éstos tanto a nivel exógeno o endógeno en los organismos vivos.</p>	<p>Estereoquímica</p> <p>Compuestos orgánicos halogenados</p> <p>Alcoholes, fenoles, éteres y tioeteres</p> <p>Grupo carbonilo (aldehídos y cetonas)</p> <p>Ácidos carboxílicos</p> <p>Derivados de ácidos carboxílicos</p> <p>Aminas</p> <p>Biomolecular</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Clase magistral con ayuda de material audiovisual. - Talleres. - Laboratorios. - Exposiciones. - Quizes y Visitas <p>(Las visitas pueden promover el conocimiento de problemáticas que involucren relaciones CTSA) No especifica si alguna de estas visitas está relacionada con algún proceso, suceso o fenómenos que involucre la nanotecnología</p>	<p>Parciales, quizes, informes de laboratorio</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Identificación del grupo funcional con sus propiedades físicas, químicas, nomenclatura química, obtención, sus implicaciones a nivel ambiental y en el hombre y aplicaciones a nivel industrial, - Llevar a cabo un análisis orgánico de tipo cualitativo para la identificación de un posible compuesto, a partir de pruebas como: Análisis elemental, solubilidad, determinación de propiedades físicas, pruebas generales y específicas. - Conocer la

					importancia del estudio de las biomoléculas en los organismos vivos, los cuales serán fundamentales en otras asignaturas del plan de estudio.
Implícita			Metodología habitual y magistral.		

Investigación en el espacio académico	Sistemas Físicoquímicos I y II				
	Justificación	Núcleos temáticos	Metodología	Evaluación	Competencias a desarrollar

<p style="text-align: center;">Explicita</p>	<p>Este espacio hace parte del ciclo de profundización, encaminado a abordar problemas a ser resueltos con procedimientos investigativos. Ofrece los criterios para describir molecularmente un proceso y poder argumentar sobre su desarrollo desde un parámetro que se ha convertido en el estudio de los cambios: la energía. Además, se trata de introducir a los estudiantes en la construcción histórico-epistemológica de la termodinámica clásica y de cómo tal construcción fue introducida por los químicos para dar cuenta conceptual y metodológicamente de</p>	<p>La naturaleza de la fisicoquímica y la teoría cinética de los gases La primera ley de la termodinámica La segunda ley de la termodinámica Equilibrio químico Equilibrio de fases Fases y disoluciones. Cinética química. Termodinámica de superficies y coloides. No especifica relación con materiales nanoparticulados. Puede relacionarse la termodinámica de superficies con materiales a escala nano-métrica y evaluar su importancia en todos</p>	<p>Discusión de lecturas, elaboraciones conceptuales, preguntas orales y escritas, autoevaluación, consultas. Evaluación formativa a través de sustentaciones orales y escritas, discusión de informes de laboratorio, coevaluación, lo que permite obtener información de los problemas que se generan durante el proceso de aprendizaje y realizar una retroalimentación que conlleve al progreso del estudiante. Evaluación sumativa: Para determinar el nivel de desempeño de un estudiante al finalizar un núcleo problémico a través de evaluaciones</p>		<p>Competencias de tipo procedimental, elaborar y seguir procedimientos, tanto los presentados por profesor como los propuestos por el estudiante. Reconocer y aplicar adecuadamente información relacionada con los núcleos problémicos. Desarrollar un discurso termodinámico que incluya y concatene las leyes termodinámicas y sus funciones bajo el condicional de equilibrio. Utilizar la teoría cinética de la materia para explicar conceptos relacionados con las transformaciones de los sistemas físicos. •Argumentación crítica frente al trabajo experimental mediante la</p>
---	---	--	--	--	--

	<p>los procesos químicos, introducción esta que dio origen a la fisicoquímica. En este curso se darán las herramientas necesarias para comprender bajo ciertos parámetros como y cuanta energía se involucra en un cambio químico y físico.</p> <p>(se tienen en cuenta aspectos investigativos en fenómenos de generan impactos ambientales) No especifica el estudio o problematización desde algún campo relativo a la nanotecnología.</p>	<p>sus aspectos</p>	<p>escritas, exposiciones sobre aplicaciones industriales por parte de los estudiantes, análisis, resolución y argumentación de problemas concretos.</p>		<p>solución de problemas. Elaborar síntesis de los artículos tratados provenientes de revistas científicas.</p>
--	---	---------------------	--	--	---

<i>Implícita</i>	Desarrollo de habilidades matemáticas y algorítmicas		Metodología habitual y magistral.	Reflexiones críticas a cerca que implican relaciones CTSA de manera informal.	
-------------------------	--	--	-----------------------------------	---	--

