



Síntesis de materiales: cerámicas magnéticas. Propuesta experimental con el aprendizaje basado en problemas

María de Lourdes Chávez García,¹ José Martín Enrique Carreto Cortés² y Tania Ariadna García Mejía³

Recepción: 2019-11-13

Aceptación: 2020-08-02

Resumen

Las Propuestas Experimentales del Laboratorio de la asignatura Síntesis de Materiales de la Facultad de Química, de las cuales se carecía, se desarrollaron con el Aprendizaje Basado en Problemas o Investigación, de acuerdo con el temario. El propósito de este trabajo fue plantear a un par de alumnas una de las propuestas: el estudio de los Materiales Magnéticos. Para lo cual se les proporcionó un problema de aplicación práctica, la preparación de un cerámico magnético para aplicaciones biomédicas en hipertermia magnética, con el objetivo de fortalecer sus habilidades de investigación, metodología y práctica experimental, como parte de su preparación profesional durante una estancia de investigación. El problema lo resolvieron de forma exitosa. En cuanto a la propuesta se verificó por el informe escrito como artículo de investigación y las opiniones de las alumnas. Esta propuesta es una forma factible de trabajo en el laboratorio; dentro del marco del aprendizaje, fomenta la colaboración, el pensamiento crítico, la capacidad de investigación y la autodirección con una participación mínima del guía o profesor.

Palabras clave

Aprendizaje basado en problemas, síntesis de materiales, espinelas de ferritas, cerámicas magnéticas, hipertermia.

Material synthesis: magnetic ceramics. Experimental proposal on problems based learning

Abstract

The Laboratory Experimental Proposals of the subject Materials Synthesis at the Chemistry Faculty, which were missing, were developed on the Inquiry Learning or Research Approach based on the curriculum. This work purpose was to pose a couple of students one of the proposals: the study of Magnetic Materials. For such task, they were provided with a practical application problem, the preparation of a magnetic ceramic for biomedical applications on magnetic hyperthermia with the goal to reinforce their research, methodological and experimental practice skills as a part of their professional formation along a research stay. The problem was solved in a successful way. Regarding the proposal, it was verified on a written report as a research article and the students' opinions. This proposal is a feasible work option in the laboratory; following the learning framework, which promotes collaboration, critical thinking, research capacity and self-direction with minimal coaching or mentorship.

Keywords

Problem Based Learning, Material Synthesis, spinel ferrites, magnetic ceramics, hyperthermia.

¹Laboratorio de Cerámica, Departamento de Química Inorgánica y Nuclear. UNAM. Correo: marilulith1307@gmail.com

²Departamento de Química Inorgánica y Nuclear. UNAM. Correo: zacatelco@yahoo.com

³Departamento de Química Inorgánica y Nuclear. UNAM. Correo: MCTaniaGM@comunidad.unam.mx

Introducción

La enseñanza de la ciencia con base en la resolución de proyectos ha aumentado su fama en las dos últimas décadas, como una forma efectiva en el proceso enseñanza–aprendizaje frente a la enseñanza tradicional (Coppo, 2017; Trujillo-Hernández et al., 2013; Santos y Marroquín 2013; Astudillo-Vázquez, et al., 2013).

La asignatura Síntesis de Materiales (0086), de la Facultad de Química, optativa para la Carrera de Química y las afines a la química que se imparten en la facultad, carece y requiere de las Propuestas Experimentales para el laboratorio, en donde el aprendizaje se centre en el alumno. De 8 propuestas, se podrán elegir de 4 a 6 por semestre para su desarrollo, con relación directa al temario de la teoría (<https://materialesceramicosunam.com/propuestas-experimentales/>). La estrategia de enseñanza planteada para estas propuestas experimentales pretende favorecer la adquisición autónoma del conocimiento por parte del alumno, que lo involucre por medio de su participación en la construcción de su aprendizaje.

El reto es doble, uno es el estudio de la síntesis química de los materiales, integrado en los módulos de la química inorgánica a nivel universitario unida a la química del estado sólido. Ya que la necesidad de comprender la estructura, la síntesis y las propiedades de los sólidos inorgánicos, es relevante para los materiales existentes y los que están por venir. El otro reto es el educativo, el laboratorio de Síntesis de Materiales desea privilegiar la formación de los alumnos, situándolos en el centro de atención del proceso académico, como individuos quienes construyen su conocimiento, diseñan, definen sus trayectorias e intensidades de trabajo, con el apoyo y la guía de sus profesores (Kondo and Fair, 2017; Coppo, 2017).

La propuesta se desarrolla con base en el conocimiento, conectado en un marco coherente organizado en torno a las ideas de la disciplina, a fin de que los conocimientos existentes sean accesibles y útiles y les proporcionen a los alumnos una plataforma para la construcción del conocimiento nuevo. Por lo que se requiere la reestructuración del currículo, o por lo menos el cambio en el desarrollo de algunas de las asignaturas, que apoye a los estudiantes para hacer las conexiones necesarias, junto con los cambios en las actividades de instrucción y evaluación (Underwood et al., 2017; Morales et al., 2013; Astudillo-Vázquez, et al., 2013).

Durante el curso del laboratorio se proporcionará a los alumnos una experiencia de investigación, para ayudarlos en su autopreparación en la síntesis química de materiales. Se les planteará un problema de aplicación práctica relacionado con el temario teórico de la asignatura. Las propuestas podrían ser o no multidisciplinarias, quedando circunscritas dentro de la síntesis de materiales. Este criterio ayudará a demostrar la relevancia de la síntesis de materiales con otras disciplinas como son: la medicina, la física, la ingeniería, la ciencia de la tierra, entre otras.

En este caso, el problema elegido fue el de los Cerámicos Magnéticos, debido a que su estudio ha demostrado ser de importancia científica y tecnológica por sus propiedades químicas, estructurales, ópticas, magnéticas, eléctricas y de catálisis, entre otras. En particular, se propuso el desarrollo de un cerámico magnético para aplicaciones biomédicas en la hipertermia magnética. Para llevarlo a cabo en contextos instruccionales se utilizó la metodología del Aprendizaje Basado en Problemas (ABP) o de Investigación (Shafa et al., 2017; Singh and Srinivas, 2013; Ghodake et al., 2017; Ramos, 2018).

Con el **Aprendizaje Basado en Problemas** o Investigación se pretende que los estudiantes conecten la investigación con la enseñanza, ambos reconocidos procesos de aprendizaje (Brew y Bound, 1995); de tal forma que se permita la incorporación parcial o total de los estudiantes en el contexto de un problema, de una investigación basada en métodos científicos. Que les ayude en

el desarrollo del pensamiento crítico, la capacidad de investigación, el aprendizaje autodirigido y de colaboración. Dando así, la oportunidad a su participación en las actividades de investigación (Boyer, 1990). Bajo la dirección mínima del supervisor o profesor, quien cooperará en sólo guiar, sin dictaminar o dirigir el desarrollo (Kondo and Fair, 2017).

El propósito de este trabajo fue plantear, a un par de estudiantes, un problema de aplicación práctica para su resolución, relacionado con los Materiales Cerámicos Magnéticos, de acuerdo con el temario de la asignatura de Síntesis de Materiales. Durante una estancia de investigación, para lo cual tendrían, sólo, un par de semanas para su resolución.

El objetivo de esta propuesta fue que las alumnas desarrollaran y fortalecieran sus habilidades de investigación, de propuestas metodológicas, y la práctica experimental, de forma autónoma, como parte de su preparación profesional, para la resolución de un problema de la vida real. Para lo cual, después de indagar, analizar y sintetizar información, tendrían que desarrollar y entregar los Antecedentes y Estado del Arte. Proponer la estrategia para explicar, comprender y planificar la resolución del problema, con la Justificación, los Objetivos e Hipótesis de trabajo. De allí, planear la Metodología experimental, con la propuesta de síntesis, los reactivos, los materiales y las técnicas de caracterización. Realizar sus experimentos, la caracterización y la interpretación de sus resultados. Con un informe final, como producto de la investigación, escrito en forma de Artículo de Investigación.

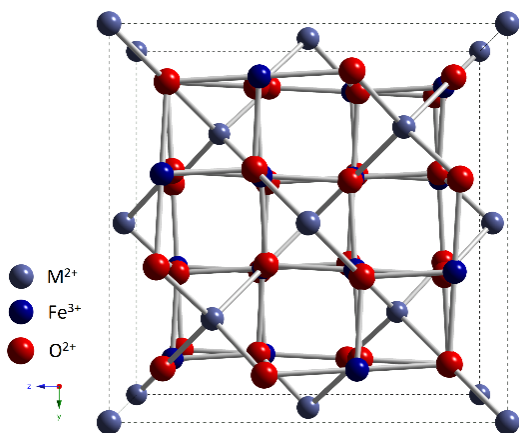
Estructura de la espinela

En el universo de los materiales magnéticos, las nanopartículas de las espinelas de ferrita han adquirido importancia tecnológica potencial. En campos como la biomedicina, el diagnóstico y el tratamiento de cáncer han estado revolucionado el mundo moderno de los materiales electrónicos y magnéticos. Con el acceso a energías limpias, eficientes, baratas y de fabricación sencilla (Shafa et al., 2017; Singh and Srinivas, 2013; Ghodake et al., 2017).

Las nanopartículas magnéticas se han utilizado en el transporte cercano de los tejidos cancerosos para realizar el tratamiento de hipertermia de forma localizada. El campo magnético no es absorbido por los tejidos vivos y se aplica en una región profunda del cuerpo, debido a su potencial biomédico. Las nanopartículas se someten a un campo magnético variable en donde se libera calor, entre otros fenómenos, debido a la pérdida de la histéresis. La cantidad de calor generada estará en función del cerámico a utilizar. Para su aplicación en el tratamiento de tumores de hueso, éstos deben ser biocompatibles, bioactivos y sin toxicidad. Las nanoferritas se han utilizado en imágenes de contraste por resonancia magnética, para liberación de medicamentos y desde luego en la hipertermia magnética. Las nanopartículas para aplicaciones biomédicas requieren un tamaño entre 10 y 100 nm, el excederlo podría causar alteraciones en el cuerpo (Jasso-Terán et al. 2015).

En el diseño de los cerámicos policristalinos, un aspecto importante es su estructura. La estructura de la espinela con la fórmula general de tipo ferrita es MFe_2O_4 (M: Fe^{2+} , Mg^{2+} , Ni^{2+} , Co^{2+} , Mn^{2+}), describe a los cationes bivalentes en los huecos tetraédricos y los trivalentes en los octaédricos para una estructura denominada normal, y en caso contrario, la inversa (Atiq et al., 2017). Lo cual unido a la riqueza de la distribución catiónica, se produce un sinnúmero de espinelas, ésto aunado al tamaño de partícula desafían el diseño de propiedades y aplicaciones, figura 1.

Figura 1. Estructura de la espinela de tipo ferrita: MFe_2O_4 (M^{2+} : Fe^{2+} , Mg^{2+} , Ni^{2+} , Co^{2+} , Mn^{2+}).



El diseño de los dispositivos de la espinela de tipo ferrita, con base en la composición de su estructura es clave para obtener y reproducir las propiedades requeridas. Dentro de la estructura en la celda unitaria hay 32 sitios octaedrales y 64 tetraedrales. Debido a sus 16-octaedros y 8-tetraedros, la neutralidad eléctrica se establece por los iones tri y divalentes. En función de estos sitios las espinelas exhiben propiedades paramagnéticas, antiferromagnéticas y ferromagnéticas (Shafa et al., 2017). De forma similar el tamaño de partícula es relevante, una ferrita con una estructura de espinela normal es antiferromagnética con una temperatura de Neel aproximada de 10.5 K; mientras que la misma ultrafina revela momentos magnéticos por arriba de la temperatura ambiente (Shafa et al., 2017). La reproducibilidad de las propiedades es función de la variación de la composición estructural de las nanoferritas. Por lo que, esta propuesta es un marco ideal para introducir a los estudiantes en los conceptos de la estructura cristalina, la celda unitaria, el tamaño de partícula, los defectos de la celda, la no estequiometría y la relación con sus propiedades magnéticas (Coppo, 2017).

Propuesta didáctica

En el laboratorio, la enseñanza se desarrollará de 2 a 4 sesiones por práctica de 3 h por semestre. La dinámica será la Investigación Abierta o Problema (Ramos, 2018). Se harán grupos o equipos colaborativos con un máximo de 3 alumnos, se les planteará una propuesta de la vida real, relevante y que los motive a explorar, con relación al diseño químico de la estructura de un material para aplicaciones diversas (Gore et al., 2017). En este trabajo el enfoque será la hipertermia en las terapias de cáncer, de tal forma que los estudiantes serán los responsables de investigar, recopilar y analizar los datos; plantear y desarrollar el protocolo, discutir los resultados y formular las conclusiones. Con el profesor o instructor como apoyo y guía.

El laboratorio se iniciará con una sesión descriptiva, con respecto a las estrategias para las actividades del laboratorio durante el semestre; la cual será el referente y la plataforma para el desarrollo de las prácticas del curso. En esta sesión sería deseable hacer un examen diagnóstico para conocer los antecedentes de cada alumno; realizar las dinámicas de integración para el trabajo colaborativo y la explicación de los objetivos y los alcances del curso.

La propuesta experimental está diseñada para encajar de dos a cuatro sesiones de 3 h cada una, en este caso particular, el planteamiento fue con las propiedades magnéticas blandas, figura 2:

La hipertermia en las terapias de cáncer
<p>Problema: <i>el cáncer es una de las enfermedades mórbidas, considerada la segunda causa de muerte a nivel mundial. La hipertermia magnética es un tratamiento alternativo, el cual consiste en elevar la temperatura de las células con nanopartículas magnéticas. Se necesita la síntesis de un material magnético para aplicaciones biomédicas para imágenes de contraste por resonancia magnética y la liberación de fármacos para hipertermia magnética. Las características del material requerido son: citotoxicidad mínima o nula para que no resulte perjudicial al organismo; nanopartículas, con un tamaño entre 10 y 100 nm; ya que, el excederlo podrían causar daño en el cuerpo humano.</i></p>

Figura 2. Problema a resolver para el tema de la teoría de los Cerámicos Magnéticos <https://materialesceramicosunam.com/wp-content/uploads/2020/02/Problema-4-Cer%C3%A1micos-Magn%C3%A9ticos.pdf>

Cada equipo iniciará el desarrollo con el proceso de lectura y la evaluación de la literatura especializada, el contenido se discutirá como escenario para el desarrollo de las propuestas para la resolución del problema. Cada grupo presentará dos experimentos validados (Quatrucci, 2018), figura 3.

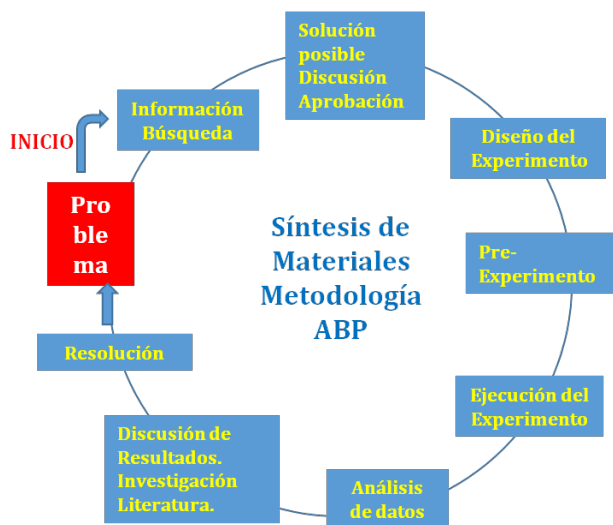


Figura 3. Propuesta Experimental para el laboratorio de Síntesis de Materiales.

Los equipos con la propuesta de solución deberán realizar un trabajo de fondo para determinar la factibilidad del experimento. El trabajo incluirá hallar la disponibilidad y el costo de lo necesario, la seguridad de las pruebas y la capacidad para completar el experimento. En los casos en donde se requiera alguna sustancia química o pieza que la escuela no posea, los alumnos intentarán adquirir los materiales y el o los equipos. En el caso de las espinelas de ferrita el requerimiento será la medición de las propiedades magnéticas, para lo cual necesitan saber si la facultad cuenta con el equipo. De lo contrario, necesitarán investigar otras formas de realizar las mediciones. Aspectos que demandan la resolución de problemas hasta cierto punto y obligan a los estudiantes a evaluar críticamente como implementarán sus experimentos (Quatrucci, 2018).

En la primera reunión se validará el experimento, el cual se desarrollará en la sesión siguiente por lo que será oportuno que escriban y describan la metodología, la recolección de los datos y los cálculos. Los alumnos necesitarán regresar a la literatura para darle sentido al análisis

de los datos. Lo cual simulará un enfoque de la vida real para resolución de problemas y mantendrá al grupo involucrado. Durante este proceso, a los alumnos se les proporcionará orientación, sin decirles qué hacer; permitiéndoles errores y fallas, en la resolución de problemas (Quatrucci, 2018).

Los estudiantes necesitarán realizar su cronograma de laboratorio para el seguimiento de sus experimentos, destacarán las fechas de vencimiento de cada paso, precisarán de una bitácora ordenada y limpia que será evaluada al final. El cronograma deberá destacar:

1°: La propuesta del esquema del experimento: la revisión bibliográfica; el objetivo y la hipótesis; el requerimiento del material y equipo; el procedimiento experimental; los cálculos previos; un resumen de los temas que el estudiante aprenderá del experimento y las medidas de seguridad (primer día de la práctica).

2°: El esquema final y la ejecución del experimento se pretenden para la caracterización de sus productos (segunda y tal vez una tercera sesión). Una semana antes se realizará el requerimiento de los reactivos y materiales a utilizar, la bitácora y sus medidas de seguridad.

3° Los datos, el análisis y la interpretación de los resultados con base en la literatura y los textos. Un borrador de la redacción del experimento en forma de artículo, el cual incluirá: el propósito; la introducción con la información y la teoría; un resumen del procedimiento; resultados y análisis de los mismos y las conclusiones, con la bibliografía consultada (tercera y cuarta sesión).

4° El informe final y una presentación breve del proyecto para su exposición en 10 o 15 min frente al grupo (cuarta o quinta sesión).

El grupo administrará su tiempo de tal manera que completen los experimentos en las fechas acordadas. Lo que dará paso al inicio a la propuesta.

La evaluación de los alumnos se hará en forma individual y grupal, por medio de la autoevaluación con base en el desarrollo y el esfuerzo realizado durante las sesiones; el seguimiento por medio de las rúbricas de evaluación; el informe de investigación, con la introducción del tópico, el propósito, el procedimiento, el tratamiento de los datos, el análisis de los resultados, las conclusiones y una presentación oral.

En los resultados del aprendizaje los alumnos podrán trabajar de forma segura en el laboratorio, comprender los peligros, así como el manejo de los reactivos y el material. Evaluar y criticar la literatura científica, idear y ejecutar los experimentos diseñados, con la aportación mínima del instructor; hacer las observaciones de los procesos físicos y químicos en el laboratorio; analizar e interpretar los datos recopilados y establecer las conclusiones; producir y entregar un escrito y una presentación en formato oral o póster y administrar el tiempo asegurando que cada tarea se complete en las fechas indicadas.

El instructor o guía del grupo dejará a un lado al maestro convencional, experto en el área y transmisor del conocimiento; ayudará a los alumnos a reflexionar, identificar necesidades de información y les motivará a continuar el objetivo y el trabajo trazado; para que cumplan con la resolución del problema y el desarrollo de las metas de aprendizaje propuestas. Dentro de las cuales están las habilidades cognitivas como el pensamiento crítico, el análisis y la evaluación. Aprendizaje de conceptos y contenidos propios de la asignatura Síntesis de Materiales. Habilidad para identificar, analizar y solucionar problemas; capacidad para detectar sus necesidades de autoaprendizaje. Trabajo en equipo con una actitud de cooperación para el intercambio. Manejo de fuentes de información. Comprensión de los fenómenos de su entorno y en los contextos social, político y económico, entre otros.

Esta serie de actividades se ha visto que es un camino para que los alumnos asimilen la información y la presenten ante una audiencia. De tal forma que, los productos del laboratorio los impulsen a cotejar sus conocimientos y entregarlos de manera concisa y lógica y comprenderlos para responder preguntas y defender sus conclusiones (Quatrucci, 2018). La evaluación estará de acuerdo con el nivel de aprendizaje. Con la pretensión de que se supere el Nivel I, de la transmisión de datos concretos e información, esto es la memorización; hacia el Nivel II de un aprendizaje consciente del contexto, transferible al mundo real; y hasta el Nivel III de un aprendizaje reflexivo el de adoptar una meta de visión, según Bateson, Perry y Belenky (Morales et al., 2013).

Desarrollo de la Propuesta Experimental: Cerámicos Magnéticos

La propuesta experimental de Cerámicos Magnéticos con relación a uno de los temas de la asignatura de la teoría de Síntesis de Materiales, se probó durante la estancia de investigación en el intersemestre 2018-2, del Programa de Estancias Cortas de Investigación, de la Facultad de Química. A un equipo formado por dos alumnas se les proporcionó el problema a resolver, figura 2. Con el cual, iniciaron la investigación bibliográfica a través de la lectura de la literatura, principalmente artículos de investigación científica (Ghodake et al., 2017, Gore et al., 2017), para la resolución del problema, en un tiempo límite de 2 a 4 sesiones, lo que corresponde a un par de semanas de trabajo. En esa primera sesión, una vez aprobado el procedimiento experimental junto con las técnicas de caracterización, las medidas de seguridad y un cronograma de trabajo, iniciaron el experimento y el documento escrito para el informe final.

Las estudiantes propusieron el cronograma siguiente: 1) primera sesión la investigación bibliográfica con una propuesta de resolución, los probables métodos de síntesis, con base en los reactivos y material disponibles en el laboratorio y las medidas de seguridad. La elección del método. La propuesta de los objetivos, la hipótesis de trabajo y los métodos de caracterización. Inicio de la escritura del documento final. 2) Segunda sesión, los cálculos, la preparación de las disoluciones para la síntesis de las espinelas, con la separación y el secado de los productos. Investigar la caracterización de las ferritas con los métodos elegidos. 3) Tercera, el análisis y la interpretación de los análisis de las muestras, continuar la escritura del documento. 4) Cuarta sesión entrega del informe final.

Las alumnas hicieron un marco comparativo de los métodos de síntesis con base en la literatura, los reactivos, el equipo y el material disponible en el laboratorio. De éstos eligieron el de coprecipitación, de entre: el de estado sólido, la mecano-síntesis y el de sol-gel; una vez aprobado propusieron los objetivos y la hipótesis de trabajo, figura 4.

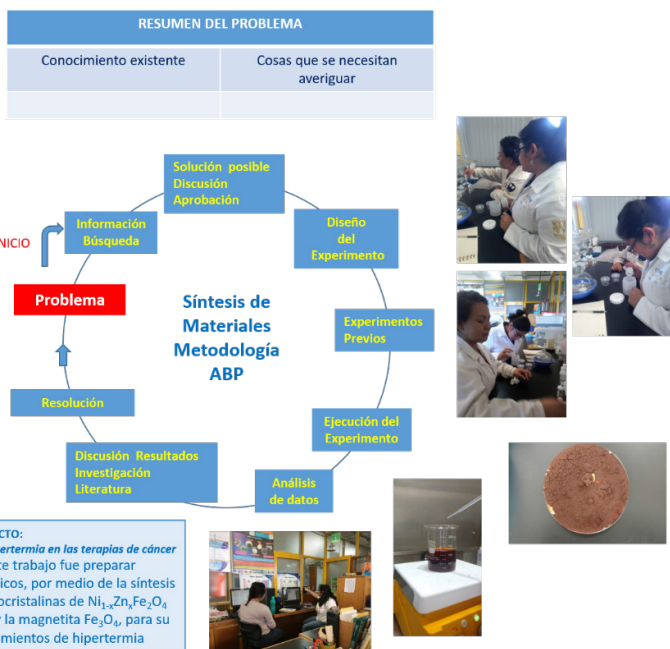
<p>Objetivo principal</p> <p>Sintetizar materiales magnéticos con estructura tipo espinela cúbica normal, con tamaño de nanopartícula entre 10-100 nm.</p> <p>Objetivos particulares</p> <ul style="list-style-type: none"> • Sintetizar cuatro espinelas: $Ni_{1-x}Zn_xFe_2O_4$ ($X=0.0, 0.5$ y 1.0) y Fe_3O_4, por el método de coprecipitación. • Caracterizar las espinelas, por medio de difracción de rayos X (DRX), espectroscopía de absorción infrarroja por transformada de Fourier (FT-IR) y pruebas cualitativas de magnetización. <p>Hipótesis</p> <p>Si se sintetizan espinelas cúbicas normales de iones metálicos como Zn^{2+}, Ni^{2+}, Fe^{2+} y $Ni_{0.5}Zn_{0.5}$, se obtendrán materiales que posean propiedades magnéticas de tamaño nanométrico (10-100) nm, funcionales en el tratamiento por hipertermia magnética.</p>

Figura 4. Objetivos e hipótesis propuestos por las alumnas del intersemestre, resultado de la indagación del problema.

Hospital CuidaVidas, a la Facultad de Química, UNAM

Asunto: La hipertermia en las terapias de cáncer

El cáncer es una de las enfermedades, considerada la segunda causa de muerte a nivel mundial. La hipertermia magnética es un tratamiento alternativo, el que consiste en elevar la temperatura de las células con nanopartículas magnéticas. Se necesita la síntesis de un material magnético en aplicación biomédica para imágenes de contraste por resonancia magnética y, la liberación de fármacos para hipertermia magnética. Las características del material requerido son: citotoxicidad mínima o nula para que no resulte perjudicial al organismo; nanopartículas, con un tamaño de entre 10 y 100 nm; ya que, el excederlo podrían causar daño en el cuerpo humano. Atte. Director



INFORME DEL PROYECTO:
 La hipertermia en las terapias de cáncer
 El propósito de este trabajo fue preparar cerámicos magnéticos, por medio de la síntesis de las ferritas nanocristalinas de $Ni_{1-x}Zn_xFe_2O_4$ ($X=0.0, 0.5$ y 1.0) y la magnetita Fe_3O_4 , para su aplicación en tratamientos de hipertermia

Figura 5. Desarrollo de la Propuesta: la Síntesis de Materiales con la Metodología ABP.

El método de síntesis de coprecipitación que las alumnas eligieron, para la síntesis de las espinelas ferríticas del tipo $Ni_{1-x}Zn_xFe_2O_4$ ($X=0.0, 0.5, 1.0$) y Fe_3O_4 , fue por ser una técnica rápida, sencilla y rendimientos buenos, además de que proporciona un tamaño de partícula nanométrico sin riesgos a la salud. Las pruebas magnéticas de los cerámicos se midieron con una prueba rápida, por medio de una balanza de Gouy. Las ferritas se analizaron por espectroscopía de absorción infrarroja (FTIR) y difracción de rayos X de polvos (DRX). La entrega de los difractogramas de rayos X retrasó la caracterización de fases y el cálculo del tamaño de partícula. Aun así, la interpretación de los datos se realizó en la tercera y cuarta sesión con base en la bibliografía; y los datos de DRX y el cálculo del tamaño de partícula, hicieron que se extendiera la entrega hasta la sexta sesión. El desarrollo de la propuesta se realizó con la guía del profesor, figura 5.

Resultados

Figura 6. Opinión de las alumnas durante la estancia de investigación.

El producto final de la propuesta experimental fue un documento escrito en forma de artículo de investigación, que fue entregado para concluir la Estancia Corta de Investigación intersemestral. De la investigación, las estudiantes concluyeron lo siguiente: a) las ferritas de $ZnFe_2O_4$, $NiFe_2O_4$, $Ni_{0.5}Zn_{0.5}Fe_2O_4$ y Fe_3O_4 se obtuvieron por el método de coprecipitación. Su análisis de DRX, mostró la presencia de la espinela cúbica; con el de FTIR, se confirmaron las interacciones metal-oxígeno, correspondientes a los sitios octaédricos de la espinela. Las ferritas de $NiFe_2O_4$, $Ni_{0.5}Zn_{0.5}Fe_2O_4$, presentaron una señal adicional, relacionada al Fe_2O_3 que, por DRX se encontró en proporción menor. El cálculo del tamaño de partícula para las espinelas indicó un intervalo de 10 a 15 nm un intervalo de tamaño de partícula de 10 a 15 nm. Las ferritas presentaron propiedades diamagnéticas, con el orden siguiente $ZnFe_2O_4 < NiFe_2O_4 < Ni_{0.5}Zn_{0.5}Fe_2O_4$. Por lo que, se obtuvieron materiales diamagnéticos, con tamaño de partícula nanométrico para ser aplicadas en tratamientos de la hipertermia magnética.

Alumna 1.

El proyecto en el que participé fue interesante debido a que no nos dieron una metodología de lo que se iba a realizar. Sólo se nos presentó una problemática y nosotras la tuvimos que resolver. La estancia fue un reto porque no sabía lo que iba a hacer, pero investigando se fue desglosando todo el contenido de lo que se tenía que realizar. La forma de trabajo es que tú realices toda la investigación y así proponer una solución al problema, lo complicado se encuentra en que como alumno se está acostumbrado a que el maestro o asesor en turno de todo la información práctica y teórica, lo que hace que ya no investigues tanto sobre el tema, en cambio aquí fue difícil tener que llevar la investigación por tu cuenta. Este método es de mi agrado, porque al estudiar una carrera experimental es necesaria esa formación de resolución de problemas ya que al volverla un hábito nos haría más capaces al momento de tener cualquier tipo de proyectos.

Alumna 2.

Tengo la fortuna de haber participado ya en una estancia, esta es la segunda oportunidad, por lo que ya tengo un punto de comparación.

Con esta segunda estancia, puedo decir que el tiempo que he pasado en la facultad ha sido una gran inversión, que tal vez, en su momento vi la dimensión de su alcance, pero ahora, con la investigación que llevé a cabo, apliqué conocimientos que adquirí previamente, en este punto encuentro la relación que existe entre la teoría de una y otra manera. Todos los conocimientos se concentraron en el desarrollo de la estancia.

Me siento satisfecha de lo realizado, de lo obtenido y de lo aprendido. He descubierto cosas nuevas, que a su vez, me abren nuevas puertas.

En cuanto a la opinión de la estancia, en su informe final, las alumnas muestran la idoneidad de la propuesta, en donde desarrollaron sus capacidades de investigación, de pensamiento crítico, aprendizaje auto dirigido y colaboración, a través del intercambio de información, ideas y discusión, figura 6.

Las aportaciones que las alumnas realizaron durante la investigación se recopilan en la figura 7.

Alumna 1

Las aportaciones que realice en este proyecto fueron la búsqueda de información para la resolución del problema, el análisis de resultados y conocimientos previos de química general y del estado sólido. La aportación relevante que hice en esta investigación fue que sé cómo calcular el tamaño de partícula a partir de un difractograma y le enseñé a mi compañera, ya que los datos obtenidos fueron uno de los objetivos del proyecto.

Alumna 2

Mi participación en la estancia ha sido relevante en el campo de la investigación y razonamiento, puesto que, a pesar de que existe un procedimiento para realizar nanopartículas magnéticas, no se puede llevar a cabo de forma mecánica, esto debido a que implica un bagaje de conocimientos previos, así como de iniciativa propia que nos lleva a una toma de decisiones asertivas.

Asimismo, el trabajo en equipo es importante dentro de laboratorio, porque funciona como un todo, donde cada integrante aporta en beneficio colectivo.

Figura 7. Aportación de las alumnas a la investigación para la resolución del problema.

Discusiones y Conclusiones

La propuesta experimental *Materiales Magnéticos*, para el laboratorio de la asignatura de Síntesis de Materiales, se desarrolló durante una estancia de investigación intersemestral, con la preparación de un Cerámico Magnético, en un contexto instruccional que utilizó la metodología el Aprendizaje con Base en Problemas o Investigación. El problema seleccionado de las Propuestas Experimentales del Laboratorio de Síntesis de Materiales, asignatura optativa para los alumnos de la licenciatura de química y las afines a la química, es una ayuda en la motivación por el estudio dentro de la ciencia de los materiales. Durante el desarrollo de esta propuesta, en particular, se mostró la conexión del aprendizaje de un par de estudiantes en el contexto de un problema de la vida real, en donde se fomentó mediante la colaboración de ambas, la capacidad de investigación, su reflexión crítica, mediante el establecimiento de objetivos, la planificación y la experimentación.

Las alumnas mencionaron que a pesar del reto que se les planteó, fue importante en el ámbito emocional ya que las actividades de indagar información juntas y el intercambio de ideas, en la resolución de un problema por ellas solas, sólo consultando al guía o profesor sin que les dijera qué hacer, les pareció interesante, ya que las impulsó a utilizar la literatura científica, junto con algunos libros para comprender e interpretar la información. En el desarrollo de su trabajo, cooperaron una con otra, sin imponer sus ideas ni molestarse. Comentaron que les gustó el desafío, porque como alumnas de los últimos semestres, pusieron en juego sus conocimientos adquiridos durante la carrera.

Se observó que las alumnas se implicaron en el proyecto para llevarlo a cabo, aprovechando una situación real, generaron alternativas de solución para contar con los reactivos indicados, el equipo, la división de trabajo, a través de ponerse de acuerdo, mientras una pesaba, la otra iniciaba la síntesis, o una investigaba en las bases de datos, otra los métodos de caracterización; comunicando lo indagado en libertad de acción, ya que la propuesta no es rígida, lo que fomentó que las alumnas desarrollaran su propio estilo de aprendizaje.

No es fácil medir la efectividad, aunque la capacidad de escribir su informe final en forma de un artículo de investigación, mediante un procedimiento claro y un método para analizar sus datos, demostró la habilidad de sintetizar la información recabada y esencialmente, resolvieron un problema, lo que es un resultado positivo. Además, aumentó su confianza en su capacidad de trabajar con un aporte mínimo de la guía del profesor. Durante un tiempo de seis sesiones o tres semanas de un semestre.

Los resultados se basan sólo en las observaciones y el informe de las alumnas. Aun así, se constata que el enfoque de este tipo de propuestas experimentales para el Laboratorio de Síntesis de Materiales es favorable para los estudiantes, los atrae, porque disfrutan aprendiendo en un entorno con base en problemas o de investigación, y ayuda en la motivación hacia la investigación científica. Al apropiarse del problema, se comprometen más que con una propuesta tradicional. Les permite construir sobre lo que han aprendido, con el desarrollo de sus habilidades cruciales para la resolución de problemas.

De forma cuantitativa se podrá medir el desempeño, a través, de su presentación oral y defensa ante otros compañeros, con la formulación de preguntas abiertas y rúbricas de evaluación, que son propuestas a implementar en el futuro.

Finalmente, se debe hacer mención no solo de las fortalezas, sino también de las limitaciones. El desarrollo de la propuesta tuvo un problema, con respecto a las técnicas de caracterización de los materiales, que, aunque la Facultad cuenta con los equipos para los análisis, no todos están disponibles para la docencia. Esperamos que, con este tipo de contribución, se impulse su ejecución.

Agradecimientos

Se agradece el financiamiento de la Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM (PAPIME, PE207718) y de la Facultad de Química, UNAM (PAIP, 5000 9038). Los autores desean agradecer a la Dra. Aurora Ramos y a las alumnas A. Belen Reyes Santoyo, Stefanía S. Segura García y Andrea Torres Hernández.

Bibliografía

- Astudillo-Vázquez A., Dávalos-Valle H.N., Cabello-Bonilla V. (2013). *Docencia comprometida con el químico farmacéutico industrial del Instituto Politécnico Nacional. Mem. 32° Cong. Nal. Ed. Quím. UAM*: 42-51.
- Atiq, S., Majeed, M., Ahmad, A., Abbas, K., Saleem, M., Riaz, S., Naseem, A. (2017). Synthesis and investigation of structural, morphological, magnetic, dielectric and impedance spectroscopic characteristics of Ni-Zn ferrite nanoparticles. *Ceram. Internal*. 43: 2486-2494.
- Brew, A., Bound, D. (1995) Teaching and research: Establishing the vital link with learning. *Higher Education*. 29: 261-273.
- Boyer, E.L. (1990) Scholarship Reconsidered. Priorities of the professoriate. Special Report, Carnegie Foundation for the Advancement of Teaching. New York: Jossey-Bass.
- Coppo, P. (2017). Lithium Ion Battery Cathode Materials as a Case Study To Support the Teaching of Ionic Solids. *J. Chem. Edu.* 94: 1174-1178.
- Ghodake, U.R., Kambale R.C., Suryavanshi S.S. (2017). Effect of Mn²⁺ substitution on structural, electrical transport and dielectric properties of Mg-Zn ferrites, *Ceram. Internal*. 43: 1129-1134.
- Gore S.K., Jadhav S.S., Jadhav V., Patange S.M. Kim H.K. (2017). The structural and magnetic properties of dual phase cobalt ferrite. *Nature*, DOI:[10.1038/s41598-017-02784-z](https://doi.org/10.1038/s41598-017-02784-z).
- Jasso-Terán R.A., Cortés-Hernández D.A., Sánchez-Fuentes H.J., Reyes-Rodríguez P.Y., León-Prado L. E. (2016) Facultad de Ingeniería (Fac. Ing.) 25: 89-98. DOI: <http://dx.doi.org/10.19053/01211129.4632>
- Kondo A.E., Fair J.D. (2017). Insight into the chemistry skills gap: the duality between expected and desired skills. *J. Chem. Edu.* 94: 304-310.
- Morales L.A., Morales V., Holguín S. (2013). Evaluación y evidencias en la unidad de aprendizaje de química de soluciones de la ESQIE IPN. *Mem. 32° Cong. Nal. Ed. Quím. UAM*, 25-34.
- Quatrucci JG. (2018). Problem-Based Approach to Teaching Advanced Chemistry Laboratories and Developing Students' Critical Thinking Skills. *J. Chem. Edu.* 95: 259-266.
- Ramos A. (2018). ¿Cómo producir una experiencia profunda y transformadora en un curso experimental de fisicoquímica? *Educ. Quím.* 2: 62-73. DOI:[10.22201/fq.18708404e.2018.2.63708](https://doi.org/10.22201/fq.18708404e.2018.2.63708).
- Santos L.B., Marroquín MC. (2013). Aprendizaje cooperativo. Enfoque desde la física clásica, *Mem. 32° Cong. Nal. Ed. Quím. UAM*: 96-100.
- Shafa M., Naz M.Y., Ahmad M.R., Khan Y., Ghaffar A. (2017). Structural Study on Nano-crystals of spinel Mg_xZn_{1-x}Fe₂O₄ ferrite with and without calcination. *High Temp. Mater. Proceed.*

- Singh S.B., Srinivas Ch. (2017). Structural and FTIR spectroscopic studies of Mg-Zn ferrite nanoparticles synthesized by co-precipitation technique, *Internal. J. Sci. Res.* 5: 1524-1528.
- Trujillo-Hernández A., Álvarez-Rodríguez C., Martínez-García M., Molina-González M.G. (2013). Diseño y validación de un examen diagnóstico para el módulo de metodología científica II de la carrera de biología de la FES Iztacala. *Mem. 32° Cong. Nal. Ed. Quím. UAM*: 15-24.
- Underwood S.M., Posey L.A., Herrington D.G., Carmel J.H., Cooper M.M. (2017). Adapting assessment tasks to support three-dimensional learning. *J. Chem. Edu.*, 95: 207-217.