

**EJE TEMATICO:** Enseñanza de temas de Química Inorgánica y Físico-Química

## **EXPERIENCIA EN LA APLICACIÓN DE LA ENSEÑANZA DE QUÍMICA DE SÓLIDOS INORGÁNICOS EN FORMA DE PROYECTO CORTO**

**Gustavo D. Belletti <sup>1</sup> y Silvia A. Alconchel <sup>1,\*</sup>**

*1- Área de Química General e Inorgánica, Departamento de Química, Facultad de Ingeniería Química, Universidad Nacional del Litoral - Santiago del Estero 2829, Santa Fe S3000AOM.*

E-mail: [salco@fiq.unl.edu.ar](mailto:salco@fiq.unl.edu.ar)

Se describe el desarrollo y puesta en ejecución de una metodología de enseñanza de Química de Sólidos Inorgánicos para alumnos de la carrera de Licenciatura en Química de la FIQ-UNL. Se empleó una estructura centrada en un proyecto corto de investigación sobre un sólido de interés tecnológico. En torno al mismo, los alumnos aprenden los contenidos teóricos-prácticos de una nueva asignatura e incorporan herramientas valiosas para su futuro desempeño profesional.

**Palabras clave:** Sólidos, Química Inorgánica, Educación Universitaria

### **INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS**

Los modelos tradicionales de enseñanza implican que el profesor exponga primero la información y luego busque su aplicación en la resolución de problemas y de trabajos prácticos prefijados mediante una guía que debe reproducir el alumno. Sin embargo, existen otros métodos como el basado en problemas (Problem-Based Learning) [1-3], en el cual se busca que los alumnos tengan un papel más activo en el aprendizaje, donde se presenta el problema o sistema de estudio, se identifican las necesidades de aprendizaje, se recopila la información necesaria y luego se regresa al problema para su resolución. Siendo el alumno el motor del proceso, asume mayor libertad de acción y responsabilidad, desarrollando competencias, habilidades y actitudes además de la adquisición del conocimiento [4]. Actualmente este método se considera uno de los más adecuados para la educación superior [5].

Por otra parte, el estudio de sólidos inorgánicos incorporado como contenido curricular en las carreras en Química resulta especialmente propicio para complementar la formación integral del alumno, ya que provee ejemplos reconocibles (como cerámicos avanzados que se encuentran comúnmente en dispositivos y materiales de alta tecnología) y establece conexiones disciplinarias de la Química de Sólidos con su Física, así como también con otras áreas (matemática, ingeniería, ciencia de materiales, mineralogía, etc.) [6, 7]. Asimismo, para su desempeño como futuro profesional se desea emplear técnicas de educación donde se desarrollen cualidades de autonomía, aprendizaje continuo, planificación, espíritu crítico, entre otras.

El profesional en química debe estar capacitado para enfrentar y dar solución a problemas, producir e innovar en tecnología, planear, organizar, ejecutar y autocriticar un trabajo de investigación, y comunicar sus resultados. En particular, el Licenciado en Química egresado de la UNL debe estar capacitado para la proyección, instalación y dirección de laboratorios de análisis químicos y de síntesis de productos químicos, industriales y de investigación [8]. Entre sus funciones específicas se destacan: ejecutar, asesorar o dirigir en la elaboración, control de calidad, investigación y desarrollo desde materias primas hasta productos finales. Por lo tanto, es importante situar al alumno cercano a graduarse en los futuros posibles ámbitos donde hará su desempeño profesional, ya sea en investigación, laboratorios de síntesis y análisis, como en la industria.

El objetivo de este trabajo es mostrar la metodología de enseñanza elaborada para la nueva asignatura Química Inorgánica II de la carrera Licenciatura en Química de la FIQ-UNL, que incluye contenidos curriculares básicos sobre sólidos cristalinos, acorde a los estándares establecidos por la

Resolución ME Nro. 344/09. Esta metodología busca proporcionar al alumno los conocimientos, habilidades y destrezas relacionadas a aspectos básicos de los sólidos, desde el enfoque de la química, de manera similar al método basado en problemas, considerando como eje la construcción de un proyecto corto con participación activa del alumno donde se aborda la preparación y caracterización de un sólido cristalino de interés tecnológico.

## DESCRIPCIÓN Y METODOLOGÍA

La propuesta de trabajo trata de un proyecto corto de síntesis de un pigmento de interés comercial y tecnológico como lo es el vanadato de bismuto ( $\text{BiVO}_4$ ), y su caracterización físico-química. En dicho trabajo, el alumno es quien dirige su propio proyecto con la guía de los profesores a cargo.

El plan de trabajo se desarrolló de la siguiente manera:

1) *Presentación de la problemática: Introducción a pigmentos.* Se explicó la definición, clasificación, aspectos históricos y económicos, interés tecnológico, producción, toxicología y usos de los pigmentos, en general y en particular para el  $\text{BiVO}_4$ . Se generó un calendario en el que se indicaron fechas tentativas para cada etapa.

2) *Enseñanza de contenidos teóricos y resolución de problemas.* Contenidos básicos de sólidos inorgánicos, su síntesis y caracterización. En esta etapa cabe destacar el adicional de un problema que vincula las teorías con el trabajo práctico.

3) *Formación en el empleo de las herramientas y equipos necesarios para el trabajo experimental:* Se enseñó la búsqueda bibliográfica a través de bases de datos disponibles. Se formó al alumno en aquellas técnicas específicas para la caracterización de sólidos recurriendo a los conocimientos previos obtenidos en asignaturas anteriores.

4) *Selección y elaboración de estrategias preparativas del sólido:* cada alumno con la guía del profesor a cargo, mediante los conocimientos obtenidos de la búsqueda bibliográfica y en clase, se enfrentó a la formación de estrategias para el desarrollo del proyecto.

5) *Ejecución del trabajo experimental:* se inició con la síntesis del compuesto y luego con la caracterización por medio de técnicas como difracción de rayos X (XRD), calorimetría diferencial de barrido (DSC), espectroscopía infrarroja con transformada de Fourier (FTIR), espectroscopía láser Raman (LRS), espectroscopía de fotoluminiscencia (PL), espectroscopía de reflectancia difusa UV-Vis (DRS UV-Vis), microscopía óptica (OM) y microscopía electrónica de barrido (SEM).

6) *Análisis de resultados:* Procesamiento de datos, selección e interpretación.

7) *Elaboración de informe y exposición de resultados:* Descripción, análisis e interpretación del trabajo realizado. Comparación con los resultados de bibliografía, de sus compañeros y formulación de conclusiones.

## RESULTADOS

Se presentan los resultados observados al aplicar la metodología planteada a las actividades de la cátedra Química Inorgánica II de la carrera Licenciatura en Química de la FIQ-UNL.

El proyecto desarrollado fue la preparación y caracterización de  $\text{BiVO}_4$ , un pigmento de alta performance comercialmente disponible que presenta color amarillo, muy buen poder cubritivo, buena resistencia y no tóxico, por lo que es conocido su empleo en pinturas decorativas y plásticos. Este pigmento fue particularmente seleccionado ya que ubica al futuro profesional en el contexto industrial, económico y medioambiental, así como también lo conecta con los problemas actuales en investigación de este producto, ya que es de particular interés actual para fotocatalisis y presenta una gran aplicación potencial para la degradación de contaminantes orgánicos en agua [9-11].

Esta metodología requiere un compromiso de los profesores a cargo, que deben aportar los conocimientos y herramientas necesarias para su ejecución en el tiempo estipulado, motivar al alumno, incentivar su pensamiento crítico y desempeño individual, de manera que sea capaz de generar estrategias para el trabajo experimental y habilidades para actuar frente a los resultados o problemas que se presenten.

Inicialmente, se empleó un cronograma de cursado (Tabla 1) diferente de la enseñanza histórica empleada por las demás asignaturas de la carrera, de manera de favorecer el mejor alcance de los objetivos. El trabajo práctico se realizó durante las últimas seis semanas de cursado posteriores al desarrollo del contenido teórico. Se llevó a cabo con frecuencia de una o dos laboratorios por semana, empleando la última semana para la discusión del proyecto.

<b>Semana</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>10</b>	<b>11</b>	<b>12</b>	<b>13</b>	<b>14</b>	<b>15</b>
<i>Presentación (1)</i>															
<i>Enseñanza de contenidos teóricos y resolución de problemas (2)</i>															
<i>Búsqueda bibliográfica y análisis (3)</i>															
<i>Formación en técnicas de caracterización (3)</i>															
<i>Planificación del trabajo (4)</i>															
<i>Elaboración y ejecución de estrategias de síntesis (4, 5)</i>															
<i>Caracterización del sólido obtenido (5)</i>															
<i>Análisis de resultados (6)</i>															
<i>Elaboración de informes y presentación (7)</i>															

Tabla 1: Cronograma de actividades realizadas durante la experiencia llevada a cabo.

En la primera semana se presentó el tema de obtención del  $\text{BiVO}_4$  que posea las mejores propiedades de interés como pigmento (principalmente el color que podrá ser analizado por DRS UV-Vis).

En las siguientes ocho semanas se desarrollaron las clases teóricas y de resolución de problemas donde se propusieron demostraciones, ejercicios y un problema para analizar sobre el  $\text{BiVO}_4$  (por ejemplo, descripción de las estructuras polimórficas del compuesto). Durante este tiempo se realizó también la búsqueda, selección y análisis de la bibliografía relacionada. Observamos aquí la poca o nula experiencia de los alumnos en la búsqueda y lectura de trabajos en inglés, una dificultad extra que fue superada con la supervisión y guía de los docentes a cargo. De esta manera en las primeras semanas los estudiantes obtuvieron la suficiente información para afrontar la siguiente etapa mediante artículos, notas de clase y libros.

En la segunda etapa, los alumnos construyeron ellos mismos sus estrategias de síntesis de  $\text{BiVO}_4$  por coprecipitación, donde el profesor estableció algunas condiciones del método de síntesis seleccionado, incluyendo: sustancias, material y equipo disponible, condiciones de seguridad, etc. El alumno es el que diseñó su plan de ejecución, fijó cantidades y condiciones de reacción, que sean

posibles llevar a cabo en las condiciones del laboratorio y tiempos disponibles. En la práctica, los alumnos emplearon estrategias diferentes donde se modificó el orden de agregado de reactivos y su proporción, para la posterior comparación de resultados. Esto requirió un seguimiento cercano por parte de los docentes.

Luego se procedió a la etapa de caracterización, donde el profesor inició enseñando los procedimientos de medición en los diferentes equipos. El alumno es el que realizó las mediciones, seleccionó los parámetros instrumentales y demás condiciones según experiencias previas y bibliografía leída. Además, luego de cada técnica hizo un análisis de los resultados de manera de ver si modificaba el orden planificado anteriormente.

En el transcurso del trabajo experimental, se observó un incremento del interés de los alumnos donde gradualmente toman mayor responsabilidad, se involucran más, adquieren una creciente seguridad en la toma de decisiones y destreza experimental, debido a su activa participación.

En una etapa final, se realizó el procesamiento de los resultados y su interpretación. Cada estudiante elaboró un informe de resultados, donde realizó la descripción, análisis e interpretación, contraste con bibliografía y conocimientos teóricos sobre el tema. También se realizaron propuestas de futuras modificaciones y autocrítica del procedimiento realizado y su ejecución.

La presentación de los trabajos, en general, fue bastante correcta. Se apreciaron, sin embargo, algunas deficiencias, entre las que se destacaron la redacción, ortografía y presentación de resultados en forma de gráficos y tablas. En algunos casos, aún se presentaron dificultades para relacionar contenidos con lo tratado en clase y en la capacidad de informar lo más relevante del trabajo.

## CONCLUSIONES

De la aplicación de la metodología planteada, se concluye que los resultados obtenidos fueron satisfactorios, tanto desde el punto de vista de los profesores, cuya experiencia mejoró notablemente, como de los alumnos que reconocieron en su mayoría que el desarrollo del proceso de enseñanza-aprendizaje resultó mucho más completo y atractivo. Esta primera experiencia de enseñanza de Química de Sólidos Inorgánicos bajo la modalidad de proyectos cortos fue fructífera para el desarrollo de habilidades, capacidades y competencias individuales y grupales. Consecuentemente, muestra un gran potencial para la formación de profesionales de mejor nivel, con mayor autocrítica y desenvolvimiento independiente, acorde al perfil de los egresados.

## AGRADECIMIENTOS

Los autores manifiestan su agradecimiento a la Dra. Beatriz Pierini y a la Dra. Adriana Pérez, profesoras a cargo de algunos temas de la materia y asesoras en su desarrollo; a la Facultad de Ingeniería Química por la financiación de los materiales y uso de equipos; y a todos aquellos que hicieron posible la implementación de esta experiencia.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] P. Morales, L. Fitzgerald, *Theoria* **2004**, 13, 145-157.
- [2] L. Prieto, *Revista de Ciencias Humanas y Sociales* **2006**, 64 (24), 173-196.
- [3] L. A. Branda, *Educación médica* **2009**, 12(1), 11-23.
- [4] R. A. Lorenzo, P. Fernández, A. M. Carro, *Formación universitaria* **2011**, 4(2), 37-44.
- [5] S.T Belt, E.H. Evans, T. McCreedy, T.L. Overton, S.A. Summerfield, S. *University Chemistry Education* **2002**, 6, 65-72.
- [6] A. Ellis, *Journal of Chemical Education* **1997**, 74(9), 1033 .
- [7] A. Ellis, M. Geselbracht, B. Johnson, G. Lisensky, W. Robinson, *Teaching General Chemistry: A Materials Science Companion*, American Chemical Society, Washington, DC, **1993**.
- [8] <http://www.fiq.unl.edu.ar/pages/estudios/carreras-de-grado/licenciatura-en-quimica.php>, Acceso: 3 de Agosto (2015)
- [9] H. M. Smith. *High performance pigment*. Weinheim, Wiley-VCH-GbbH, **2002**.

- [10] Y. Wenzong, W. Wenzhong, Z. Lin, S. Songmei, Z. Ling, *J. Hazard Mater* **2010**, 173, 194-199.
- [11] G. Yingana, Y. Xia, M. Fengyan, L. Kexin, X. Lei, Y. Xing, G. Yihang, *Appl. Surf. Sci.* **2010**, 256, 2215-2222.