

¿Por qué los estudiantes de las carreras de ingeniería deberían tomar un curso de química general?

Manuel F. Molina C.^a, José G. Carriazo^a & Olga Rodríguez-Jiménez^b

^a Departamento de Química, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, Colombia. mfmolina@unal.edu.co, jgcarriazob@unal.edu.co

^b Departamento de Psicología, Facultad de Ciencias Humanas, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, Colombia. orodriguezj@unal.edu.co

Resumen— En presente trabajo ofrece argumentos a favor sobre la inclusión de un curso común de química (basado en la química de materiales) en todas las carreras de ingeniería. La propuesta se sustenta considerando el bajo porcentaje de carreras de ingeniería que incluyen esta asignatura, la posibilidad que ofrece la química de formar en competencias científicas y la relación que existe entre las ingenierías y la química de materiales. Se propone un curso abordado desde diferentes temáticas fundamentales de la química de materiales y con el enfoque del aprendizaje basado en problemas como metodología didáctica.

Palabras Clave— Química, ingeniería, competencias, currículo.

Recibido: 26 de julio de 2016. Revisado: 17 enero de de 2017. Aceptado: 14 de febrero de 2017.

Why should engineering students take a general chemistry course?

Abstract— In this paper, several arguments on the positive effect of the incorporation of a chemistry course (based on materials chemistry), common to all engineering undergraduate programs, have been shown. The proposal is supported considering the low percentage of engineering programs that include the chemistry as mandatory subject into the curricula, and both the potential of chemistry to teach science competences and the close association between engineering and materials chemistry. An interesting course performed from different fundamental topics of materials chemistry, and using the pedagogical approach of problem-based learning was proposed.

Keywords— Chemistry, engineering, competences, curriculum.

1. Introducción

¿Por qué los estudiantes de todas las carreras de ingeniería deberían tomar un curso de Química General? La respuesta a esta pregunta va más allá de la obligación posterior de presentar algún examen, como el ECAES (aunque éste en la actualidad no incluye cosas específicas de química) o el EXIM realizado por ACOFI (Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería). Afirmar que la química es muy importante para entender innumerables procesos, es otra respuesta insuficiente. El conocimiento químico a nivel universitario, que se diferencia de aquel que se adquiere en la secundaria, contribuye a la formación de profesionales competentes con habilidades técnicas, tecnológicas o científicas para participar en la resolución de problemas reales. El ejercicio de las diferentes

ingenierías conlleva a mantener una constante relación con la sociedad a través de diferentes servicios, materiales y productos. La vida del mundo moderno depende enormemente de la tecnología y de los nuevos materiales. El sostenimiento de la calidad de vida requiere del suministro permanente de alimentos y medicamentos, además de grandes cantidades de energía. Esto indica que, el modo de vida actual es cada vez más dependiente de la obtención de nuevos materiales con diferentes aplicaciones y con ello de procesos químicos sostenibles y ambientalmente favorables. Por ello, la formación en ingeniería debe proveer la capacidad de entender, a nivel microscópico y sub-microscópico, lo que se hace, para decidir correctamente sobre el diseño, producción y puesta en marcha de procesos a nivel macroscópico [1].

La química, en su presentación moderna, además de estudiar la constitución y transformación de la materia, brinda los elementos fundamentales para la comprensión de gran parte de la ciencia de los materiales. Permite explicar la estructura y formación de los miles de materiales con los cuales tendrá contacto casi que cualquier profesional de la ingeniería [2]. El diseño, la obtención y la caracterización de un material también incorporan principios de la física y de la ingeniería, por lo cual la química de materiales debe hacer parte de eventos interdisciplinarios necesarios para formar profesionales competentes en la toma de decisiones sobre la selección y producción de materiales. Adicionalmente, si bien la química básica ha sido relegada por cursos de cálculo o física durante la formación inicial en las carreras de ingenierías, la química de materiales ofrece mayor posibilidad de incorporar herramientas de matemáticas y de física para la comprensión de los conceptos, lo cual genera una visión integradora y un contexto de aplicación favorable de estas otras ciencias.

Por otra parte, aunque las actitudes poco positivas hacia la química pueden influenciar negativamente la decisión de tomar un curso de química general [3], éstas también conducen a que el estudiante considere poco relevante la necesidad de su inscripción a dicho curso debido a la gran cantidad de información científica que debe adquirir. Sin embargo, cuando los estudiantes valoran la relación de los contenidos con su desarrollo profesional, es posible que lleguen a entender la relevancia del curso, lo cual ocurre cuando se les involucra

Como citar este artículo: Molina C., M.F., Carriazo, J.G. and Rodríguez-Jiménez, O., ¿Por qué los estudiantes de las carreras de ingeniería deberían tomar un curso de química general?. Educación en Ingeniería, 12(24), pp. 4-8, Julio, 2017.

activamente [4]. Al establecer y enfatizar las relaciones entre el conocimiento científico y las aplicaciones de ingeniería, los estudiantes pueden valorar la importancia de la química en sus futuros espacios de ejecución profesional [5].

De otro lado, las competencias específicas básicas, resultado del aprendizaje de la química general, en términos de capacidades, habilidades y actitudes que se pretenden desarrollar en los estudiantes, se centran en [6]:

- 1) Conocer, entender y utilizar los principios básicos de la química.
- 2) Empezar el trabajo en el laboratorio químico, trasladando los conocimientos teóricos al laboratorio, relacionando los contenidos con el mundo real.
- 3) Manipular productos químicos con seguridad y reconocer e implantar buenas prácticas de medida y de experimentación básica.
- 4) Valorar el impacto de los procesos, en los que regularmente hay involucradas sustancias químicas, sobre el ambiente.

Adicionalmente, el proyecto Tuning [7] muestra la inclusión de 16 competencias específicas para fortalecer la formación de los estudiantes de la carrera de química, las cuales se pueden ver reflejadas parcialmente en un curso de química general para ingenierías:

1. Capacidad para aplicar el conocimiento y comprensión en química a la solución de problemas cualitativos y cuantitativos.
2. Comprender conceptos y principios fundamentales del área de la química.
3. Capacidad para interpretar y evaluar datos derivados de observaciones y mediciones relacionándolos con la teoría.
4. Capacidad para reconocer, analizar problemas y planificar estrategias para su solución.
5. Habilidad para desarrollar, utilizar y aplicar técnicas analíticas.
6. Capacidad de mantenerse actualizado en los avances propios del desarrollo de la química.
7. Capacidad de planificación, diseño y ejecución de pequeños proyectos de investigación.
8. Dominio de la terminología química, nomenclatura, convenciones y unidades.
9. Conocimiento de las principales rutas sintéticas en química.
10. Conocimiento de otras disciplinas científicas que permitan la comprensión de la química.
11. Habilidades en el seguimiento a través de la medida y observación de propiedades químicas, eventos o cambios y su recopilación y documentación de forma sistemática y fiable.
12. Dominio de las buenas prácticas de laboratorio.
13. Capacidad de actuar con curiosidad, iniciativa y emprendimiento.
14. Conocimiento, aplicación y asesoramiento sobre el marco legal en el ámbito de la química.
15. Habilidad para aplicar los conocimientos de la química en el desarrollo sostenible.
16. Comprensión de la epistemología de la ciencia.

La mayoría de las competencias anteriores (genéricas y específicas) son evidentemente útiles y complementarias para la formación de ingenieros, lo cual sustenta bastante bien la necesidad de un curso de química en el contexto de los procesos de formación de los profesionales en ingeniería.

2. Metodología

Se analizaron los planes de estudio de diez carreras de ingeniería en diez universidades colombianas, seleccionadas del *ranking* de las mejores universidades del país (QS Latin American University Rankings, 2014). Las diez carreras seleccionadas se tomaron como representativas dentro de las diferentes ingenierías. No se tuvo en cuenta la carrera de Ingeniería Química, ya que se asume que debe poseer un curso de Química General en su currículo, unido a muchos otros cursos de química, obligatorios y optativos. La Tabla 1 permite observar la inclusión de cursos de química en las carreras de ingeniería de diferentes universidades en Colombia.

3. Resultados y análisis

En la Tabla 1 aparecen los semestres y los créditos correspondientes para las asignaturas de química impartidas. Debajo del nombre de la universidad aparece el porcentaje estimado de oferta de las asignaturas de química dentro de los planes curriculares de cada universidad. Para dicha estimación, se tuvo en cuenta la cantidad de planes ofertados y en cuántos de éstos aparece la química general como asignatura. Por ejemplo, el 100% para la Universidad de los Andes, indica que el total (7) de los planes ofertados (considerados aquí) poseen asignaturas de química. De esta forma, encontramos que alrededor del 45 % de las ingenierías en promedio poseen por lo menos una materia de química dentro de sus planes curriculares. Este dato es relevante en la medida en que permite estimar que sólo cerca del 50% de los estudiantes que se presenten a una prueba de química dentro del EXIM, elaborado por ACOFI, ha tomado un curso de esta asignatura en la universidad. Como se verá más adelante, la química ofrece la posibilidad de formación en competencias importantes para los ingenieros, y siendo así muchos profesionales de este campo estarían egresando al campo laboral con poca o ninguna preparación en el componente químico.

En carreras de ingeniería como la electrónica o la industrial, se observa la ausencia total de los cursos de química, siendo que sus futuros egresados serán profesionales que deben manejar materiales y/o tomar decisiones sobre la selección de los mismos, con posible impacto sobre el ambiente. Estos profesionales, muy probablemente no tendrán un marco conceptual adecuado, desde lo químico, para comprender el manejo, la selección y el procesamiento de materiales relevantes en su ejercicio. De esta forma, queda abierta la discusión sobre la pertinencia de la química en los planes de formación para ingenieros.

Los cursos de Química General son comúnmente encontrados en los programas de ingeniería; no obstante este hecho, los organismos de acreditación, como ABET (p.4, 2013) [8], no son tan precisos al enunciar la química dentro de los planes obligatorios de ingeniería, no especifican la enseñanza de la química como un requerimiento general para todas las ingenierías. Sin embargo, ABET, describe cada programa de ingeniería con los requerimientos de química, así:

- Programas que NO requieren química: Aeroespacial, Eléctrica, Mecánica, Oceánica, Petróleos, Naval y Organizacional.
- Programas que especifican la Química General:

Arquitectura, Civil, Ambiental, Geológica, Industrial, Manufactura, Minería, Química y Construcción.

▪ Programas con otras especificaciones:

Bioingeniería. Requiere “entendimiento de biología y fisiología”, lo cual implica un prerrequisito de química.

Cerámica. Requiere “habilidad para aplicar ciencias avanzadas (como física y química) a sistemas materiales”. Esto implica prerrequisitos de química.

Materiales y Metalúrgica. Requiere “habilidad para aplicar

ciencias avanzadas (como física y química) a sistemas materiales”. Esto implica prerrequisitos de química.

Un buen número de los programas revisados no incluyen la formación en química como obligatoria. Queda bajo la responsabilidad de los programas y de los estudiantes el incluir o tomar cursos de química en el currículo; de forma similar ocurre con el laboratorio de química, como complemento práctico, lo cual tampoco se especifica.

Tabla 1

La química en los planes de estudio de 10 Ingenierías básicas en diferentes universidades colombianas.

Universidad/ Carrera	1	2	3	4	5
	Agrícola	Alimentos	Ambiental	Civil	Eléctrica
			Química 1S – 3C	Química 1S – 3C	Química 3S – 3C
1.Andes 100%	X	X	Química Ambiental 2S – 3C		
			Termo Qca Amb. 3S- 3C		
2.Nacional 66%	Q. Básica 1s – 3C	X	Química General 1S – 3C	Química Básica 1S – 3C	Q. General 1S – 3C
3.Antioquia 29%	X	X	Q. General 4S- 5C	NC	NC
			Q. ambiental 5S-4C		
4. Javeriana 25%	X	X	X	Q.Materiales	X
5. Rosario	X	X	X	X	X
	Q.General 1S-3C	Q.General 1S	Q. Fundamental 1S-3C		
	Laboratorio	Laboratorio Q. General 1S	Q. Orgánica General 2S-3C		
6. Valle 44%	Q.General 1S-1C	Q.de Alimentos 2S	Fisicoquímica Ambiental 3S- 3C	NC	NC
	Bio. Aplicada 2S-3C	Fisicoqca 5S	Química Ambiental 4S-3C		
7. Sabana 50%		X	X	X	X
8. UIS 67%	X	X	X	Q. Básica 1S-4C	NC
9. Norte 17%	X	X	X	Q. General (2S-XC)	NC
10. Eafit 50%	X	X	X	NC	X
Universidad/ Carrera	6	7	8	9	10
	Electrónica	Industrial	Mecánica	Petróleos	Sistemas
1.Andes	Química 3S – 3C	Química 1S – 3C	Química 1S – 3C	X	Química 4S – 3C
2.Nacional	NC	NC	Principios Química 3C	Q. General -1S-3C	NC
			Q. General 1S-5C		
3.Antioquia	NC	NC	Materiales I-4C-2S	X	NC
			Materiales II 4C-2S		
4. Javeriana	NC	NC	X	X	NC
5. Rosario					
6. Valle	NC	NC	Química de Materiales 3S-2C	X	NC
7. Sabana	X	General I (1S-3C)	X	X	NC
		Q.Básic 1S-4C	Q. Básica 1S-4C	Química I 1S-4C	
8. UIS	NC			Química II 2S-4C	X
9. Norte	NC	NC	NC	X	NC
10. Eafit	X	X	Fisicoquímica 4S-4C	X	X
45% Promedio					

X= la carrera NO está presente en la respectiva Universidad.

NC= la carrera es ofertada por la Universidad pero NO posee materias de química en su plan obligatorio de estudios. S= semestre, C= créditos.

Fuente: Los autores

Tabla 2.
Contenidos y actividades para un curso de química general propuesto para las carreras de ingeniería.

Bloque	Contenidos	Problemas de clase
1	Unidades y medidas. Factores de conversión y problemas de ingeniería.	Selección de un material para un auto de carreras.
2	Estructura atómica, enlace químico y estructuras cristalinas.	Elaboración manual de modelos de estructuras cristalinas. Cristales líquidos.
3	Estructura molecular, los polímeros y sus propiedades.	Obtención de poliuretano.
4	Estequiometría de reacción y de compuestos cristalinos.	Análisis de la reacción de síntesis del nylon. Síntesis de sílices porosas. Síntesis de alúminas.
5	Reacciones para análisis de materiales.	Análisis de aluminio, hierro, cobre y zinc en aleaciones.
6	Estado gaseoso y difusión molecular.	Operación y descripción de sensores de gases. Licuefacción y almacenamiento de gases. Adsorción de los gases de un ambientador sobre carbón activado.
7	Termodinámica química.	Medida de la capacidad de varios materiales como aislantes del calor. Fusión de metales, polímeros y cerámicos.
8	Energía libre y procesos.	Elaboración de una máquina térmica. Solidificación de cobre fundido y crecimiento de cristales.
9	Corrosión y superconductores.	Estudio de la corrosión del acero de una puntilla. Aplicaciones potenciales de la estructura del superconductor $YBa_2Cu_3O_7$
10	Metales: química y propiedades mecánicas.	Hilos y láminas de metales. Fractura y resistencia a la tracción de: nylon, keblar y aluminio (influencia de la estructura molecular).
11	Soluciones líquidas y sólidas.	Preparación de un fertilizante y de una aleación Cu-Ni.
12	Equilibrio químico de ácidos y bases.	pH de una muestra de vinagre comercial. Acidez de la alúmina y de la sílice.

Fuente: Los autores

Por otro lado, en España el decreto 1393 de 2007, que establece la ordenación de las enseñanzas universitarias oficiales, indica que cada plan de estudios de Grado deberá contener un mínimo de 60 créditos europeos (ECTS) de formación básica, de los que, al menos 36 estarán vinculados a algunas materias determinadas para cada rama de conocimiento. Estas materias deberán concretarse en asignaturas, con un mínimo de seis créditos cada una, y que han de ser ofertadas en la primera mitad del plan de estudios. En el documento, la química es una de las seis asignaturas básicas que el citado decreto señala para la rama de Ingeniería y Arquitectura.

3.1. Contenido del curso

El curso de química será presentado como una herramienta que el futuro ingeniero puede integrar en la resolución de problemas. Por ello, la metodología sugerida para este es por medio del aprendizaje basado en problemas (ABP), el cual

permite un mayor acercamiento del estudiante al mundo real.

En la Tabla 2 aparecen los bloques de contenidos para el curso y sugerencias de actividades prácticas; vemos que las diferentes unidades están enfocadas a integrar los materiales y la visión microscópica de la materia para lograr una comprensión molecular de los materiales que utilizamos a diario. Esta propuesta no pretende reemplazar a un curso típico de Ciencia de Materiales, el cual frecuentemente se concibe con grandes fortalezas en las técnicas de caracterización de materiales (como difracción de rayos X, microscopía electrónica, análisis térmico etc.) y en la valoración de propiedades avanzadas de éstos.

Como ejemplo, podemos tomar el bloque de termodinámica química para aplicar el ABP, el cual podría involucrar la siguiente situación problemática:

Enrique, un hombre de 60 años ingresó de urgencias a la clínica debido a una trombosis cerebral. El neurólogo indica en su reporte que una posible causa fue un cambio brusco de temperatura, por debajo de los cero grados, en la habitación del individuo. Aunque éste se recupera, se recomienda revisar el aislamiento térmico de la casa, para lo cual se contrata a los estudiantes del curso como asesores. Se solicita que realicen una sugerencia, validada en datos al respecto.

3.2. El ABP como metodología

El trabajo en grupo y el enfrentarse a problemas prácticos han mejorado de forma significativa el desempeño de los estudiantes de ingeniería en los primeros cursos [9]. El enfoque hacia problemas prácticos, utilizando los conocimientos básicos de la ciencia, sin pretender llegar al nivel que lo haría un científico, contribuye enormemente a que el estudiante descubra y valore las relaciones ciencia-tecnología-sociedad (CTS)-ambiente-economía, donde además de los aspectos de la química también se involucran costos, tiempo de ejecución, calidad, usos y balances de mercado, simulando así la consultoría y el trabajo en proyectos, propios de un ingeniero en ejercicio.

4. Conclusiones

El desarrollo de un curso de química en las diversas carreras de ingeniería, basado en las temáticas señaladas y con el enfoque planteado en el presente artículo (química de materiales con resolución de problemas), generaría grandes beneficios en la formación de profesionales competentes, les proporcionaría conocimientos básicos para comprender ciertas propiedades generales de los materiales y procesos químicos, creando ciertas habilidades para tomar decisiones sobre la selección y uso de materiales en diferentes procesos y diseños. Es prioritario que las facultades de ingeniería abran la discusión sobre la incorporación de un curso de química de materiales para todas las carreras de ingeniería, en el cual se podrán desarrollar temáticas más útiles y atractivas para el campo ingenieril. En dicho curso, también se desarrollarán las competencias enunciadas por organismos internacionales, buscando conseguir múltiples habilidades (saber hacer) que contribuyan a colocar a nuestros ingenieros en un nivel de equidad conceptual con los profesionales de otros países más desarrollados.

Agradecimientos

Los autores agradecen a **ACOFI** por el apoyo en la recolección de información y a la Universidad Nacional de Colombia, por el apoyo logístico en la elaboración del presente trabajo.

Referencias

- [1] Salustri, F.A., Is it time to separate applied science and engineering?, *Engineering Dimensions*, Julio-Agosto, pp. 44-45, 2005.
- [2] Rao, C.N.R., La química en la educación de materiales, *Journal of Materials Education.*, 26(1-2), pp. 181-183, 2004.
- [3] Molina, M.F., Carriazo, J.G. y Farias, D.M., Actitudes hacia la química de estudiantes de diferentes carreras universitarias en Colombia, *Química Nova*, 34(9), pp. 1672-1677, 2011.
- [4] NRC, National Research Council. *Inquiry and the National Science Education Standards*; National Academies Press: Washington, DC, 2000.
- [5] Holbrook, J., Making chemistry teaching relevant, *Chemical Education International*, 6(1), pp. 1-12, 2005.
- [6] Albéniz, J., Saavedra, P., García, R., Carrillo, I. y Reinoso, C., La química vuelve a la selección: Se considera básica. En: Martínez, J. & Pinto, G., (Eds.), *La Química como materia básica de los grados de ingeniería*. Universidad Politécnica de Madrid, Madrid, España, 2009, pp. 39-48.
- [7] TUNING, Proyecto Tuning América Latina educación superior en América Latina: Reflexiones y perspectivas en química. Pedraza-Aboytes, G. (Ed.), Publicaciones de la Universidad de Deusto, Bilbao, España, 2013.
- [8] ABET, Engineering Accreditation Commission of U.S. Accreditation Board for Engineers and Technologists (ABET). *Criteria For accrediting engineering programs. (2004–2005)* [online]. Available at: <http://www.abet.org/Linked Documents- UPDATE/Criteria and PP/E001 05-06 EAC Criteria 9-15-05.pdf>
- [9] Al-Houlou, N., Bilgutay, N. M., Corleto, C., Demel, J. T., Felder, R., Frair, K., Froyd, J.E., Morgan, J. and Wells, D.L., First-Year integrated curricula: Design alternatives and examples, *Journal of Engineering Education*. 88, pp. 435-440, 1999.

M.F. Molina C., nació en El Colegio (Cundinamarca)-Colombia, es profesor asociado del Departamento de Química de la Universidad Nacional de Colombia en Bogotá, donde se graduó de Químico en el 2000 y MSc. en Ciencias en el 2003. Estudió una Especialización en Pedagogía en la Universidad Pedagógica Nacional en el 2001. Actualmente enseña Química General para carreras de Ciencias e Ingeniería, y su respectivo laboratorio. Investiga en Enseñanza de la Química y actúa como divulgador de la Ciencia. ORCID: 0000-0001-8758-2637

J.G. Carriazo, nació en San Marcos (Sucre)-Colombia. Se graduó como Lic. en Química de la Universidad de Córdoba (Colombia), y posteriormente recibió los títulos de MSc. en Química y Dr. en Química de la Universidad Nacional de Colombia, en el área de química del estado sólido y catálisis heterogénea. Es profesor del Departamento de Química de la Universidad Nacional de Colombia, sede Bogotá desde el año 2004. Dentro de sus temas de interés en investigación científica se destacan el diseño de nuevas estructuras inorgánicas en estado sólido, la valorización y modificación de minerales, la caracterización de materiales inorgánicos y algunas áreas de la didáctica de la química. ORCID: 0000-0002-1740-5552

O. Rodríguez-Jiménez, nació en Bogotá (Cundinamarca)-Colombia, es profesora asistente del Departamento de Psicología de la Universidad Nacional de Colombia en Bogotá, de donde se graduó como Psicóloga. Es MSc. en Educación y en Métodos en Ciencias del Comportamiento y la Salud de la Universidad Javeriana y la Universidad Autónoma de Madrid, en esta última le otorgó también el título de Dra. en Psicología y Educación en el año 2013. Actualmente imparte las asignaturas del área metodológica y profesional en educación de la carrera de Psicología de la Universidad Nacional de Colombia y asesora proyectos de evaluación educativa en instituciones como ACOFI e instituciones educativas públicas y privadas. ORCID:0000-0003-4099-5535