



DIDÁCTICA

El laboratorio en Química Orgánica: una propuesta para la promoción de competencias científico-tecnológicas



Liliana I. Viera*, Silvia S. Ramírez y Ana Fleisner

Departamento de Ciencia y Tecnología, Universidad Nacional de Quilmes, Bernal, Buenos Aires, Argentina

Recibido el 6 de febrero de 2017; aceptado el 17 de abril de 2017

Disponible en Internet el 24 de mayo de 2017

PALABRAS CLAVE

Química Orgánica;
Laboratorio;
Universidad;
Competencias

Resumen Desde diferentes espacios se ha manifestado que la formación en competencias parecería ser el desafío de la Educación Superior. En este modelo de enseñanza no solo es importante la comprensión del contenido conceptual de las disciplinas, sino también la adquisición de destrezas complejas necesarias para desenvolverse competentemente.

En este trabajo se presenta una propuesta para la parte experimental de un curso universitario de Química Orgánica fundamentada en el enfoque de enseñanza por competencias. Sostenemos que, a través de su implementación, se promueven competencias tales como organización y toma de decisiones, destrezas manuales, procedimientos y actitudes investigativas, comprensión conceptual, actitudes sociales y gestión de la información. Los estudiantes deben diseñar un plan de trabajo cuyo objetivo es el aislamiento y purificación de un producto natural, valiéndose de todas las herramientas teóricas estudiadas y de los materiales y reactivos disponibles. Posteriormente deben presentarlo en forma oral y escrita, ejecutarlo y realizar un informe final (escrito y oral) en el que se comunican, analizan y discuten los resultados.

Las experiencias realizadas mostraron una mayor motivación de los estudiantes y un ambiente de una gran potencialidad para favorecer la adquisición de competencias científico-tecnológicas. Este tipo de experiencias resultan transferibles a otras disciplinas que requieren trabajos experimentales.

© 2017 Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Química. Este es un artículo Open Access bajo la licencia CC BY-NC-ND (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

KEYWORDS

Organic Chemistry;
Laboratory;
University;
Competences

The Organic Chemistry laboratory: A propose to the promotion of scientific technological competences

Abstract From different spaces it has been stated that the training in competences would seem to be the challenge of High Education. In this teaching model, not only is the understanding of the conceptual content of the disciplines important, but also the acquisition of the complex skills needed to develop competently.

* Autor para correspondencia.

Correo electrónico: lviera@unq.edu.ar (L.I. Viera).

La revisión por pares es responsabilidad de la Universidad Nacional Autónoma de México.

<http://dx.doi.org/10.1016/j.eq.2017.04.002>

0187-893X/© 2017 Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Química. Este es un artículo Open Access bajo la licencia CC BY-NC-ND (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

This paper presents a proposal for the experimental part of a university course of Organic Chemistry based on the approach of teaching by competences. We believe that, through its implementation, competencies such as: organization and decision making, manual skills, investigative procedures and attitudes, conceptual understanding, social attitudes and information management, are promoted. Students must design a work plan whose objective is the isolation and purification of a natural product, using all the theoretical tools studied and the materials and reagents available. Subsequently they must present it in oral and written form, execute it and make a final report (written and oral) in which the results are communicated, analyzed and discussed.

The experiences showed a greater motivation of the students and an environment of great potentiality to favor the acquisition of scientific-technological competences. These kinds of experiences are transferable to other disciplines that require experimental work.

© 2017 Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Química. This is an open access article under the CC BY-NC-ND license (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

Introducción

La necesidad de un cambio en el enfoque de la enseñanza en el nivel universitario se ha manifestado en numerosos trabajos en los últimos años. Desde diferentes espacios se indica que en los planes de estudio se debe privilegiar la formación antes que la información (ICI-CONFEDI, 1996) y ha crecido el consenso en cuanto a que la formación en competencias parecería ser el desafío de la Educación Superior (UNESCO, 2000; San Martín, 2001; González y Wagenaar, 2003; González, Wagenaar y Beneitone, 2004; Salcedo Torres, 2004; Ginés Mora, 2004; Valiente Barderas y Galdeano Bienzobas, 2009). En este modelo de enseñanza no solo es importante la comprensión profunda del contenido conceptual de las distintas disciplinas, sino también la adquisición de destrezas complejas necesarias para desenvolverse competentemente.

La enseñanza de la química en cursos universitarios se halla en un proceso de desarrollo y cambio en todo el mundo. Esto se debe tanto a las evidencias aportadas por la investigación educativa sobre las importantes dificultades que tienen los estudiantes en su aprendizaje (Pozo Muncio, 2005; Del Río-Olague, Candelas-Cadillo y Ramírez-Baca, 2008), como a las demandas planteadas por el mundo laboral de una preparación adecuada a las nuevas necesidades de los puestos de trabajo (Rembado, Roncaglia y Porro, 2007; Roncaglia, Rembado y Porro, 2008, Galdeano-Bienzobas y Valiente-Barderas, 2010a, 2010b), en un contexto caracterizado por una disminución de las tareas rutinarias, un aumento de las destrezas de alto nivel intelectual y el trabajo en equipos transdisciplinarios. En este contexto nos preguntamos qué estrategias didácticas permitirían favorecer en los cursos universitarios de Química Orgánica la adquisición de competencias en un sentido coherente con las aspiraciones de la educación científico-tecnológica actual. Para esto se requiere definir qué entendemos por competencias, identificar qué competencias se deberían promover en las diferentes carreras y plantear qué tipo de evidencias deberíamos conseguir para decidir en qué medida lo que se

hace habitualmente en las aulas promueve la adquisición de las mismas.

Las definiciones encontradas en la bibliografía para el concepto de competencias son muchas (Urzúa Hernández y Garritz Ruiz, 2008; Tobón, 2004). Para el presente trabajo consideramos las que destacan el carácter de sistema complejo que presentan las competencias, integrado por los campos conceptuales, procedimentales y axiológicos (actitudes y valores), que se interrelacionan y enriquecen mutuamente, conformando un entretejido articulado. Así, Gonczi y Athanasou la definen como «una compleja estructura de atributos, necesarios para el desempeño de situaciones específicas, que combinan aspectos tales como actitudes, valores, conocimientos y habilidades con las actividades a desempeñar» (Tobón, 2004). Merino et al. (1999) sostienen que «las competencias son el conjunto de complejas relaciones e interacciones entre aspectos conceptuales, procedimentales y actitudinales que operan de manera articulada e interactiva para resolver situaciones problemáticas». Se puede observar que la propuesta de una educación basada en competencias es un importante avance respecto de las tradicionales clasificaciones de contenidos (conceptuales, procedimentales y actitudinales) que son enseñados como compartimientos aislados.

En la tabla 1 se consignan las distintas capacidades asociadas a diferentes competencias a promover en carreras científico-tecnológicas según un trabajo realizado anteriormente por nuestro grupo de investigación (Ramírez, Viera y Wainmaier, 2010).

Consideramos que el trabajo práctico puede jugar un papel esencial en el aprendizaje comprensivo de las ciencias y de la naturaleza del conocimiento científico (Caamaño, 2005; Martínez Torregrosa, Domènech Blanco, Menargues y Romo Guadarrama, 2012) y en la promoción de competencias valoradas en egresados de carreras científico-tecnológicas. Existen distintas formas de clasificar los objetivos de los trabajos prácticos de laboratorio; por ejemplo, Hodson (1994) los agrupa en 5 categorías generales: para motivar, para enseñar las técnicas de laboratorio,

Tabla 1 Capacidades asociadas a las diferentes competencias a promover en carreras científico-tecnológicas (Ramírez, Viera y Wainmaier, 2010)

Competencia	Capacidades subyacentes
Organización y toma de decisiones	Establecer prioridades frente a una actividad, programar el tiempo en el desarrollo de actividades, disponer adecuadamente de los recursos, identificar alternativas para la toma de decisiones (González y Wagenaar, 2003; Beltrán, 1987)
Destrezas manuales	Conocer y manejar adecuadamente material e instrumental de laboratorio, utilizar técnicas elementales y aplicar normas de seguridad (Klopfer, 1975; De Pro Bueno, 1998)
Procedimientos y actitudes investigativas	Observar, identificar o reconocer un problema, identificar variables significativas y practicar el modelado, formular hipótesis, seleccionar y diseñar pruebas adecuadas para contrastación de hipótesis, utilizar estrategias básicas para la resolución de problemas, analizar datos cuali y cuantitativamente, establecer asociaciones entre la información disponible, mostrar una actitud crítica, razonar deductiva e inductivamente, evaluar y generar ideas, hipótesis y resultados, mostrar una actitud inquisitiva (Beltrán, 1987; Salinas, 1994; De Pro Bueno, 1998)
Comprensión conceptual	Diferenciar e integrar conceptos y leyes, transferir los mismos a la resolución de situaciones problemáticas, comprender el significado que encierran las expresiones matemáticas, comprender el rol de los modelos y del modelado (Wainmaier, 2003; Salcedo Torres, 2004)
Actitudes sociales	Trabajar en equipo, evitar conflictos interpersonales, ejercer el liderazgo, motivar a otros, adaptarse a los cambios, asumir responsabilidades sociales (Beltrán, 1987; Bioul, 2001; Salcedo Torres, 2004)
Gestión de la información	Emplear el lenguaje específico de las disciplinas, buscar, seleccionar, organizar e interpretar información, así como comunicar la información en forma oral y escrita (Salinas, 1994; Salcedo Torres, 2004; Bioul, 2001; De Pro Bueno, 1998; Pozo y Gómez Crespo, 1998).

para intensificar el aprendizaje de los conocimientos científicos, para proporcionar una idea sobre el método científico y desarrollar la habilidad en su utilización y para promover «actitudes científicas», tales como la consideración de las ideas y sugerencias de otras personas, la objetividad y la buena disposición para no emitir juicios apresurados. A esta lista de objetivos Martínez Torregrosa et al. (2012) agregan:

«Adquirir autonomía para realizar una investigación de tipo práctico (mucho más frecuente en el nivel universitario)». Por su parte, Caamaño (2004) propone una clasificación de los trabajos prácticos según sus objetivos, dentro de la cual incluye las investigaciones para resolver problemas prácticos que tienen como objetivo principal la comprensión procedimental de la ciencia y su contextualización práctica. Son investigaciones para resolver problemas planteados en el contexto de la vida cotidiana o de las aplicaciones prácticas de la ciencia. Se trata de actividades más bien abiertas, con el énfasis puesto en los procedimientos de la ciencia sin descuidar los conceptos.

Estudios realizados analizando las guías de laboratorio de los cursos universitarios de química muestran que uno de los objetivos de mayor potencialidad de las prácticas de laboratorio, en el marco de la educación por competencias (aprender «qué habría que hacer para...»), no suele recibir la atención necesaria para que los estudiantes puedan alcanzar esta autonomía. De este modo, los trabajos prácticos siguen siendo un problema, desde el punto de vista didáctico, cuya solución requiere superar concepciones empiristas (a-teóricas) sobre la ciencia e integrar estas prácticas dentro de toda la actividad de enseñanza (Martínez Torregrosa et al., 2012). La familiarización con las pautas metodológicas de la ciencia es un objetivo de la enseñanza de la química, la separación habitual entre teoría, trabajos prácticos de laboratorio y problemas es una división artificial que varios docentes de ciencias suelen seguir debido a causas organizativas, de gestión de recursos y/o a una concepción de la enseñanza por transmisión.

Las diferencias entre los distintos modelos de enseñanza radican, en parte, en el tipo de problemas «estructurantes» que los docentes seleccionan y en el grado de guía del profesor.

En este trabajo se presenta una propuesta para la parte experimental de un curso universitario de Química Orgánica fundamentada en el enfoque de enseñanza por competencias. Su objetivo es favorecer en los estudiantes competencias tales como organización y toma de decisiones, destrezas manuales, procedimientos y actitudes investigativas, comprensión conceptual, actitudes sociales y gestión de la información.

En los cursos universitarios de Química Orgánica tradicionales, el aula es el espacio para enseñar contenidos conceptuales y el laboratorio lo es para aquellos procedimentales, existiendo una marcada división entre ambos. Este tipo de propuesta no coincide con las tendencias actuales que ponen su eje en la formación por competencias.

La posibilidad de promover las mismas requiere un cambio total de la visión sobre las estrategias de enseñanza y de aprendizaje así como de las formas de evaluación. En el caso de la asignatura en cuestión, el trabajo experimental puede considerarse la situación de aprendizaje con mayor potencialidad para trabajar desde la educación por competencias, en nuestro caso de aquellas valoradas en egresados de carreras científico-tecnológicas (Wainmaier et al., 2006). Esta propuesta tiene en cuenta la teoría Uno de Perkins (1995) cuya premisa dice: «La gente aprende más cuando tiene una oportunidad razonable y una motivación para hacerlo».

En los cursos tradicionales de Química Orgánica, el objetivo general de la parte experimental suele enunciarse como:

- Aprender técnicas de separación y purificación de compuestos orgánicos.

Esta propuesta amplía los objetivos del trabajo de laboratorio enunciándolos como:

- Promover competencias científico-tecnológicas tales como Organización y toma de decisiones, Destrezas manuales, Procedimientos y actitudes investigativas, Comprensión conceptual, Actitudes Sociales, Gestión de la información.
- Integrar contenidos conceptuales de toda la asignatura eliminando la tradicional brecha entre teoría y laboratorio.
- Aprender técnicas de separación y purificación de compuestos orgánicos.

La forma de trabajo en torno a la actividad de laboratorio favorece la explicitación de las ideas de los estudiantes y su confrontación con las de otros, en un ambiente hipotético-deductivo, rico en episodios de argumentación y justificación. Se pretende crear un ambiente que facilite simultáneamente la implicación afectiva y la racionalidad científica de todos los involucrados (alumnos y profesores) en la resolución de problemas reales.

A continuación describiremos las características del curso de Química Orgánica I de las carreras Ingeniería de los Alimentos y Licenciatura en Biotecnología, que se desarrolla en el segundo año de la Diplomatura en Ciencia y Tecnología de la Universidad Nacional de Quilmes (UNQ), constituyendo la misma el ciclo básico común de las carreras de grado mencionadas. Tiene una carga de 6 h semanales durante 18 semanas. Se dictan 4 cursos paralelos por cuatrimestre, en distintas franjas horarias, que desarrollan los mismos contenidos pero cuyos abordajes y propuestas didácticas son diseñados por el docente a cargo. La cantidad de alumnos en el curso varía entre 35 y 40.

Los contenidos son: Estructura de los compuestos orgánicos; Nomenclatura; Hidrocarburos saturados e insaturados, acíclicos y cíclicos; Grupos funcionales; Propiedades químicas y físicas; Mecanismos de reacción; Estereoquímica; Isomería; Aspectos estructurales de compuestos polifuncionales y heterocíclicos, y Obtención y caracterización de compuestos orgánicos.

Estos contenidos se estructuran en torno a dos ejes: la relación estructura electrónica-propiedades físicas y químicas de compuestos orgánicos y técnicas utilizadas para el aislamiento, purificación y caracterización de compuestos orgánicos.

Propuesta didáctica

En este trabajo se presenta una propuesta para la parte experimental de un curso universitario de Química Orgánica, correspondiente al tercer cuatrimestre de la carrera.

El desarrollo del curso de Química Orgánica I, tiene lugar en dos ejes:

Parte teórica. Se desarrollan en ella los conceptos fundamentales de la asignatura así como algunos problemas de aplicación. Esta tiene como objetivo que al finalizar el curso los estudiantes sean capaces de predecir propiedades de los compuestos partiendo de la información estructural que disponen, diseñar estrategias para síntesis sencillas y manipular variables que modifiquen la reactividad de los mismos.

Parte experimental. Se desarrolla tomando como contenidos estructurantes algunas técnicas que permiten el aislamiento y la purificación de compuestos orgánicos.

Existe estrecha vinculación entre ambas partes, ya que los procedimientos implicados en el laboratorio se fundamentan en las diferencias de las propiedades físicas de los compuestos, y la correcta elección de la técnica para aislar y/o purificar, así como la interpretación de resultados, solo puede hacerse desde la comprensión de los conceptos abordados en la teoría.

La parte experimental difiere radicalmente de los trabajos prácticos tradicionales en los siguientes aspectos:

- Los alumnos deben planificar todos los pasos que seguirán para aislar y purificar un determinado producto natural (no se les provee ningún protocolo ni guía).
- La única pauta en cuanto al tiempo es que el trabajo debe finalizarse en 5 instancias de 4 h (no importa hasta dónde avanzan en cada una de ellas).
- En el laboratorio trabajan en simultáneo grupos que están aislando diferentes productos y, por lo tanto, pueden estar utilizando diferentes técnicas.

Esta propuesta se desarrolla con grupos de 4 alumnos y requiere que los estudiantes realicen las siguientes actividades: elección del tema, elaboración de un plan de trabajo a desarrollar en el laboratorio, revisión del borrador del plan de trabajo con los docentes, entrega del mismo por escrito, presentación oral del plan a desarrollar, trabajo en laboratorio, entrega del informe final escrito y presentación oral del mismo.

El tema del trabajo es elegido por cada grupo, entre posibilidades propuestas por los docentes, y consiste en el aislamiento de un producto natural. Algunos ejemplos son aislamiento de eugenol de clavo de olor, anetol de anís, cafeína de té, mentol de la menta y timol de tomillo.

Cada grupo dispone de 9 semanas para la elaboración y entrega por escrito del plan, siguiendo una guía con la estructura que debe tener el mismo. Los títulos incluidos en la misma se corresponden con aquellos requeridos cuando se escribe un proyecto de investigación o desarrollo (título, resumen, introducción, objetivo, materiales y métodos, bibliografía). Se intenta de esta manera que los estudiantes se familiaricen desde las primeras etapas de su carrera con las formas de comunicación escrita en su área de desarrollo profesional.

Durante el período de elaboración del plan (trabajo extraáulico) se desarrollan clases teórico-prácticas, se dan los fundamentos requeridos para el correcto diseño del mismo y la implementación del trabajo experimental, abordando tanto contenidos conceptuales como la resolución de problemas de lápiz y papel. La elaboración del plan a desarrollar en el laboratorio se comienza a realizar desde la tercera semana del curso. En la semana 10 se lleva a cabo una revisión del borrador que debe ser presentado en una exposición oral hacia la semana 12. Desde las semanas 14 a 18 se trabaja en el laboratorio. Se presenta un informe final escrito y se realiza la presentación oral del mismo en la semana 19 (finalizadas las clases).

La parte experimental tiene una valoración del 40% en la nota final de este curso de Química Orgánica. De esta manera

Tabla 2 Actividades a desarrollar para la propuesta de la parte experimental y competencias con mayor nivel de promoción

Actividad	Competencias con mayor nivel de promoción
Elaboración de un plan de trabajo (en grupos de 4 alumnos)	Organización y toma de decisiones Actitudes sociales Comprensión conceptual Procedimientos y actitudes investigativas Gestión de la información
Presentación del plan de trabajo (oral ante toda la clase; presentación en Power Point)	Gestión de la información Comunicación escrita y oral
Desarrollo del plan en el laboratorio. Rediseño (posibilidad de proponer e introducir modificaciones cuando ya se está desarrollando la actividad de laboratorio para mejorar el plan). Registro en cuaderno de laboratorio	Destrezas manuales Actitudes sociales Procedimientos y actitudes investigativas Comprensión conceptual
Presentación de informe final escrito con formato pautado y oral (con Power Point). Se comunican, analizan y discuten los resultados	Organización y toma de decisiones Actitudes sociales Comprensión conceptual Procedimientos y actitudes investigativas Gestión de la información

se enfatiza la importancia del desarrollo de las competencias.

Si bien todas las actividades que los estudiantes deben realizar en torno al trabajo experimental son útiles para la promoción de varias competencias, cada una tiene el potencial de promover en mayor grado alguna/s de estas. La tabla 2 muestra las diferentes actividades a desarrollar en la propuesta y las competencias con mayor nivel de promoción en cada una.

Fortalezas y debilidades

Luego de haber trabajado durante varios años con esta propuesta, podemos sintetizar algunas de las fortalezas y debilidades de la misma.

Como ya mencionamos, se producen mejoras sustanciales en varias competencias. A modo de ejemplo, podemos citar tres tipos de evidencias en cuanto a las mejoras en estas habilidades.

- 1) Las percibidas por los propios docentes entre el comienzo y la finalización del curso: en el laboratorio los estudiantes van cambiando su actitud desde la pasividad inicial, en la que solo esperan instrucciones, a una actitud proactiva en la que realizan preguntas, sugerencias de cambios en el protocolo o posibles estrategias para solucionar problemas surgidos durante el desarrollo del plan. La mejora en la comunicación oral y escrita, y en la organización de la información, se pone de manifiesto claramente entre las presentaciones inicial y final. Se pueden advertir mejoras en la organización de la presentación, la claridad y desenvoltura en las exposiciones orales, así como en la capacidad para responder preguntas que requieren la integración de conocimientos teóricos.
- 2) La provista por docentes de cursos posteriores en la trayectoria académica de los estudiantes que cursaron con esta modalidad. Ellos destacan las habilidades diferenciadas de estos alumnos con relación a los que cursaron la modalidad tradicional de trabajos prácticos pautados.
- 3) La manifestada en la evaluación final de la propuesta por parte de los estudiantes que destaca siempre la mayor motivación y oportunidades de aprendizaje que la misma les proveyó. Esto también se refleja en la recomendación que realizan a los futuros alumnos de Química Orgánica de cursarla con esta modalidad.

En cuanto a las «debilidades» o problemas que puede presentar la propuesta, podemos mencionar: la limitación de una cantidad máxima de 12 alumnos por docente, la mayor dedicación tanto de docentes como de estudiantes, una disponibilidad de reactivos y de material incrementadas y la necesidad de numerosas instancias evaluativas. Todo esto dificultaría su implementación en cursos numerosos o con pocos recursos.

Conclusiones

Habitualmente las prácticas tradicionales, en las que el estudiante solo tiene que seguir lo que está indicado en el protocolo de la guía de trabajos prácticos, producen falta de compromiso, pérdida de atención y aburrimiento, que desvirtúan los objetivos asociados a las mismas. Por otra parte, con frecuencia en ese tipo de prácticas se dice que los estudiantes no arriban a los resultados «correctos» o esperados, lo que no solamente mitifica el quehacer de científicos y tecnólogos, sino que convierte a esa experiencia en una práctica altamente frustrante y desmotivadora para el alumno.

En el contexto planteado en el presente trabajo son los estudiantes quienes deben diseñar, con fundamento, el protocolo a seguir y no existen fracasos sino situaciones para replantear la práctica y generar nuevas preguntas. Por esto, a medida que los alumnos avanzan en su trayecto formativo, se advierten diferencias con aquellos que han cursado de modo tradicional. Se destacan aspectos tales como mayor motivación, manejo más crítico de la información de diversas fuentes, mejor organización y mayor claridad en las presentaciones orales y en los documentos escritos, mejor utilización del tiempo, una actitud más crítica, mejor aplicación de pautas metodológicas científicas, actitud proactiva hacia su propio aprendizaje que va más allá del contenido

disciplinar específico a aprender, mejor adaptación para cumplir diferentes roles en diferentes equipos de trabajo cooperativo, responsabilidad para cumplir con pautas establecidas, mayor creatividad.

Por otra parte, estas propuestas didácticas hacen posible que los estudiantes perciban el quehacer científico-tecnológico como una actividad estrechamente vinculada a la sociedad en la que se desarrolla.

Si bien no existen resultados cuantitativos que reflejen las implicancias sobre el aprendizaje de esta modalidad, tomamos como indicadores cualitativos la diferencia observada por docentes del curso y de cursos posteriores en las habilidades presentadas por estos estudiantes. Sabemos que las mismas se desarrollan de manera paulatina a lo largo de la carrera y que es importante la continuidad en los cursos posteriores de propuestas didácticas con objetivos semejantes.

Pensamos que este tipo de propuestas responde satisfactoriamente a la formación basada en competencias. Hacerlas extensivas al resto de las asignaturas, coordinando acciones, vertical y transversalmente, redundaría en una formación profesional más acorde a las demandas del mundo actual.

Financiación

Universidad Nacional de Quilmes.

Conflicto de intereses

Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses.

Referencias

- Beltrán, J. (1987). *Psicología de la educación*. Madrid, España: EUDEMA.
- Bioul, G. (2001). Requerimientos actuales en la formación de ingenieros. *Revista Argentina de Enseñanza de la Ingeniería*, 2(3), 19–26.
- Caamaño, A. (2004). Experiencias, experimentos ilustrativos, ejercicios prácticos e investigaciones: ¿una clasificación útil de los trabajos prácticos? *Alambique*, (39), 8–19 [consultado 17 Jun 2015]. Disponible en: http://www.researchgate.net/publication/39207515_Experiencias_experimentos_ilustrativos_ejercicios_prcticos_e_investigaciones_una_clasificacin_til_en_los_trabajos_prcticos
- Caamaño, A. (2005). Trabajos prácticos investigativos en química en relación con el modelo atómico-molecular de la materia, planificados mediante un diálogo estructurado entre el profesor y estudiantes. *Educación Química*, 16(1), 10–18.
- De Pro Bueno, A. (1998). ¿Se pueden enseñar contenidos procedimentales en las clases de ciencias? *Enseñanza de las Ciencias*, 16(1), 21–41.
- Del Río-Olague, F., Candelas-Cadillo, M. y Ramírez-Baca, P. (2008). Actitudes, habilidades y hábitos de los alumnos en la carrera de ingeniero químico en alimentos. *Educación Química*, 18(3), 204–213.
- Galdeano-Bienzobas, C. y Valiente-Barderas, A. (2010a). Competencias en Ingeniería Química. *Educación Química*, 21(3), 260–264.
- Galdeano-Bienzobas, C. y Valiente-Barderas, A. (2010b). Competencias profesionales. *Educación Química*, 21(1), 28–32.
- Ginés Mora, J. (2004). La necesidad del cambio educativo para la sociedad del conocimiento. *Revista Iberoamericana de Educación*, 35 [consultado 10 Dic 2015]. Disponible en: <http://www.rieoei.org/rie35a01.htm>
- González, J., y Wagenaar, R. (Eds.). (2003). *Tuning. Educational structures in Europe. Informe final. Fase 1*. Bilbao: Universidad de Deusto [consultado 10 Dic 2015]. Disponible en: <http://www.deusto-publicaciones.es/deusto/pdfs/tuning/tuning04.pdf>
- González, J., Wagenaar, R. y Beneitone, P. (2004). Tuning-América Latina: un proyecto de las universidades. *Revista Iberoamericana de Educación*, 35(1), 151–164 [consultado 10 Dic 2015]. Disponible en: https://scholar.google.com.ar/scholar?cluster=16494833077425158416&hl=es&as_sdt=0,5&scioldt=0.5
- Hodson, D. (1994). Hacia un enfoque más crítico del trabajo de laboratorio. *Enseñanza de las Ciencias*, 12(3), 299–313.
- Instituto de Cooperación Iberoamericana (ICI)-Consejo Federal de Decanos de Ingeniería (CONFEDI). (1996). *Ubicación curricular de la enseñanza de la Ingeniería en la República Argentina. Informe final*.
- Klopfer, L. (1975). Evaluación del aprendizaje de las ciencias. En B. Bloom, J. Hastings, y G. Madaus (Eds.), *Evaluación del aprendizaje*. Buenos Aires, Argentina: Troquel.
- Martínez Torregrosa, J., Doménech Blanco, J. L., Menargues, A. y Romo Guadarrama, G. (2012). La integración de los trabajos prácticos en la enseñanza de la química como investigación dirigida. *Educación Química*, 23(1), 112–126.
- Merino, G., Roncoroni, M., Homar, A., Ramírez, S., Wrotniak, E. y González, S. (1999). Desarrollo y evaluación de estrategias conceptuales y procedimentales. Un estudio sobre alumnos ingresantes a la Universidad. *Archivos de la Universidad Nacional de La Plata*, 1(1).
- Perkins, D. (1995). Capítulo 3: La Teoría Uno y más allá de la Teoría Uno. In *La escuela inteligente*. pp. 53. Barcelona, España: Gedisa.
- Pozo Municipio, J. (2005). *Aprendices y maestros. La nueva cultura del aprendizaje*. Madrid: Alianza Editorial SA.
- Pozo, J. y Gómez Crespo, M. (1998). *Aprender y enseñar ciencia*. Madrid: Morata.
- Ramírez, S., Viera, L. y Wainmaier, C. (2010). Evaluaciones en cursos universitarios de Química: ¿qué competencias se promueven? *Educación Química*, 21(1), 16–21.
- Rembado, F., Roncaglia, D. y Porro, S. (2007). Competencias a promover en graduados universitarios de carreras científico-tecnológicas: la visión de los graduados. *Educación Química*, 18(2), 160–168.
- Roncaglia, D., Rembado, F. y Porro, S. (2008). Competencias a promover en graduados universitarios de carreras científico-tecnológicas: la visión de los empleadores. *Educación Química*, 19(2), 127–132.
- Salcedo Torres, L. (2004). Las competencias en la formación profesional. *Memorias del Encuentro Nacional de Vicerrectores académicos*, 19-20 agosto, Pereira-Risaralda, Colombia.
- Salinas, J. (1994). *Las prácticas de Física Básica en laboratorios universitarios*. (Tesis Doctoral). España: Universitat de Valencia.
- San Martín, V. (2001). La formación en competencias: el desafío de la Educación Superior en Iberoamérica. *OEI-Revista Iberoamericana de Educación* [consultado 18 Dic 2015]. Disponible en: http://rieoei.org/rie_contenedor.php?numero=edu.sup12&titulo=La%20formaci%25EF%25BF%25BDn%2520en%2520competencias:%2520El%2520desaf%25EF%25BF%25BDn%2520de%2520la%2520Educaci%25EF%25BF%25BDn%2520Superior%2520en%2520Iberoam%25EF%25BF%25BDn
- Tobón, S. (2004). *Formación basada en competencias*. Bogotá: Ecoe Ediciones.
- UNESCO. (2000). *La educación superior en el Siglo XXI. Visión y acción. Conferencia Mundial sobre la Educación Superior. Informe final*. Santiago de Chile, Chile: CPU.

- Urzúa Hernández, M. y Garriz Ruiz, A. (2008). Evaluación de competencias en el nivel universitario. *Ide@s CONCYTEG*, 3(39), 138-154.
- Valiente Barderas, A. y Galdeano Bienzobas, C. (2009). La enseñanza por competencias. *Educación Química*, 20(3), 369-372.
- Wainmaier, C. (2003). *Incomprensiones en el aprendizaje de la Mecánica Clásica Básica*. (Tesis de Maestría en Enseñanza de las Ciencias). Argentina: Universidad Nacional de Tucumán.
- Wainmaier, C., Viera, L., Rembado, F., Roncaglia, D., Ramírez, S. y Porro, S. (2006). Competencias a promover en graduados universitarios de carreras científico-tecnológicas: la visión de los docentes. *Educación Química*, 17(2), 150-157.