

Obstáculos detectados en el aprendizaje de la nomenclatura química

ABSTRACT (Research about the difficulties that pupils have to learn chemical nomenclature)

Teaching of the chemical names and formulae has been subject of many proposals due to the lack of knowledge that the students who come to the university have over the topic. In this research we focused on the detection and analysis of the difficulties and obstacles that students face. The answers to those questions indicate that there are different reasons, such as short-term memory learning, not being conscious of what is being learned, not wanting to change the way of learning, isolation of concepts studied in other chapters. From the point of view of the pedagogic content knowledge, usually the nomenclature is studied isolated, in a chapter without a real representation of the chemical compounds to which it refers. There were detected also different types of pupils and their particular way of learning.

KEY WORDS Nomenclatura química, aprendizaje.

Margarita Gómez-Moliné, Marina Lucía Morales y Laura Bertha Reyes-Sánchez*

Introducción

Se ha encontrado que algunos alumnos de primer semestre de la carrera de Química Farmacéutica Biológica (QFB) de la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán (FES-C) de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), en cierto momento del curso no pueden seguir el ritmo de la clase de Química General I, no comprenden que el lenguaje utilizado para hablar de compuestos químicos es la nomenclatura, y que ésta constituye una herramienta de uso cotidiano entre los químicos, lo cual permite establecer la comunicación entre miembros de la misma área.

Resulta pues conveniente que desde el primer semestre el alumno maneje un mínimo de nomenclatura química inorgánica básica. Sin embargo, experiencias anteriores con otras generaciones de alumnos del mismo semestre y otras carreras de esta misma Facultad han evidenciado los escasos conocimientos que tienen sobre el tema cuando llegan a la universidad, lo cual constituye un obstáculo para el aprendizaje (Gómez y Sanmartí, 2002).

Cómo enseñamos nomenclatura

Algunos profesores acostumbran a enseñar como aprendieron, siguiendo un modelo didáctico tradicional. Otros se preocupan por aplicar las mejoras presentadas en libros de texto y en revistas dedicadas a la investigación sobre los procesos de enseñanza y aprendizaje de este tema, como las publicadas en el *Journal of Chemical Education*, donde Wirtz (2006), cita 32 artículos en los que se presentan ideas innovadoras para emplear las computadoras y reforzar las reglas de nomenclatura,

con juegos y actividades diseñadas para hacer amena la clase (Chimeno, 2000 y Crute, 2000), intentando guiar a los alumnos a través de los laberintos de la nomenclatura (Lind, 1992).

Los obstáculos en el aprendizaje de la nomenclatura surgen, según Wirtz (2006), por la forma en que se introduce el tema y la importancia que se le da, ya que en textos introductorios de Química, la nomenclatura aparece en los primeros cinco capítulos, con una serie de reglas y situaciones ajenas a los conceptos familiares, lo que puede apagar el entusiasmo del estudiante que intenta descubrir los secretos de las reacciones químicas. Si el foco de la Química General es mostrar: estructura atómica, enlaces moleculares, reacciones químicas y sus causas, los capítulos de nomenclatura aparecen como intrusos, sin una conexión lógica.

En algunos libros publicados en las primeras décadas del siglo pasado como: *Química Moderna de Vitoria* (1914), la nomenclatura está dispersa en varios capítulos y en *Elementos de Química*, de Edelvives (1944), este tema se centra en un solo y breve capítulo. Estas dos tendencias se observan también en publicaciones posteriores, por ejemplo: la primera tendencia aparece en Whitten (1992) y Brown y LeMay (1987), y la segunda tendencia la presentan los libros de: Bargallo (1962), Dickinson (1979), Russell (1985), Hernández, Montagut y Sandoval (1992), Garritz y Chamizo (1998), Spencer (2000), Kotz (2003), Garritz, Gasque y Martínez (2005) y Chang (2007), en tanto que otros libros de Química como Huheey (1997), dedican un apéndice a la nomenclatura de la IUPAC.

Cómo aprenden nomenclatura los estudiantes

Los estudiantes construyen sus ideas, sus representaciones de la realidad a partir de sus propios referentes, su medio ambiente y su "lógica" cercana al sentido común, accediendo a patrones de aprendizaje que a veces son distintos de los del profesor y de los de la ciencia. Estas ideas se conocen como

* Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán-UNAM. Departamento de Ciencias Químicas. Sección Química Inorgánica.

Correo electrónico: marquim32@aol.com

Recibido: 18 de agosto de 2007; aceptado: 17 de enero de 2008.

“ideas previas” o “concepciones alternativas” y han sido recopiladas y sintetizadas por Martinand (1986), Gabel (1998), Astolfi (1999), Peterfalvi (1999 a, b) y Kind (2004), y aparecen abundantemente en el aprendizaje de las ciencias y algunas de ellas constituyen verdaderos obstáculos que impiden la comprensión de la nomenclatura.

Según Níaz (2005), las dificultades se originan cuando el alumno busca seguir una lógica para saber cómo se llegó a determinadas conclusiones; sin embargo el profesor presenta tales conclusiones como definitivas, basadas en ‘todo el mundo dice que ésta es la verdad’. Ante tal disyuntiva los estudiantes tienen pocas alternativas y, en general, terminan memorizando el contenido.

Factores que intervienen en el proceso de aprendizaje: Metacognición y autorregulación

La página editorial “Learning is a do-it-yourself activity” de Moore (1999), cuestiona el rol del alumno en el aprendizaje, ya que durante años, revistas como el *Journal of Chemical Education* han proporcionado a los profesores ideas de cómo mejorar su enseñanza, pero han tratado poco la cuestión fundamental: cómo demostrar a los estudiantes que su aprendizaje y no nuestra enseñanza, es el aspecto más importante del curso ya que nadie puede aprender por otros, sino que todos debemos aprender por nosotros mismos. La toma de conciencia del alumno sobre lo que está aprendiendo y cómo lo está aprendiendo se ha denominado “metacognición”. Este término introducido por Flavell (1976), fue ampliado y consolidado por Mayer (1998), planteando que el alumno pueda sistematizar su estudio, originando la autorregulación cuando decide cambiar o adaptar el tipo de aprendizaje personal para mejorarlo, desarrollando actividades para seleccionar, combinar y coordinar de forma efectiva los procesos formales de aprendizaje (Boekaerts, 2000 y Pintrich, 2000).

Dentro del marco de las teorías constructivistas, las investigaciones y proyectos sobre el aprendizaje metacognitivo y sobre autorregulación del aprendizaje han mostrado ser dos instrumentos efectivos para superar los obstáculos, porque además, permiten desarrollar una de las competencias clave recomendadas por la OECD (2000): *la actuación autónoma y reflexiva de los futuros profesionales*.

Un enfoque para motivar al estudiante

El proyecto Ciencia, Tecnología y Sociedad (CTS) intenta conectar los aspectos científicos y tecnológicos con las necesidades y problemas sociales, implicando un enlace con aspectos que son relevantes y significativos para los alumnos. Si bien el aprendizaje ocurre cuando la persona involucrada enlaza ideas que facilitan una construcción de significados personales, el proceso no ocurre siempre en forma aislada. Así, el salón de clase puede ser un lugar donde los estudiantes compartan sus propias construcciones personales y donde los docentes motiven el aprendizaje retando las concepciones de los aprendices (Garritz, 1994).

Objetivo

El objetivo del presente trabajo fue conocer los obstáculos que impiden a los alumnos aprender las reglas básicas de la nomenclatura inorgánica y las fórmulas químicas correspondientes. En primer lugar detectando y analizando esos obstáculos y a continuación, interpretando las reflexiones que los alumnos hacen sobre ellos.

Metodología

Muestra: Los datos obtenidos proceden de estudiantes de 1^{er} semestre de la carrera de QFB de la FESC-UNAM, gracias a la colaboración de profesores y de alumnos. El número de alumnos encuestados formaron parte de grupos de repetidores de la asignatura Química General I y fueron denominados como grupo M y S con 29 y 27 alumnos respectivamente.

Desarrollo: La metodología empleada procede del trabajo de Gómez y Reyes-Sánchez (2004), para un grupo piloto (P) conformado por alumnos regulares de primer semestre de la carrera de QFB, y como el resultado aportó pocos datos, se decidió corroborarlos con una segunda muestra. Tanto para el grupo P como para los grupos M y S se aplicó el siguiente instrumento:

Preguntal: *Describe ampliamente los obstáculos que se le presentaron para aprender nomenclatura.*

Pregunta 2: *Describe una reflexión sobre los obstáculos detectados y una propuesta para su superación.*

La diferencia entre ambas encuestas consistió en que para el grupo P se entregaron al alumno las dos preguntas juntas después del examen parcial y para los grupos M y S entre las preguntas 1 y 2 se aplicó el examen parcial correspondiente al tema de nomenclatura.

Resultados y discusión

Todas las respuestas de los alumnos fueron analizadas y agrupadas mediante redes sistémicas que permitieron establecerlas en códigos.

Tabla 1. Identificación de obstáculos del grupo P.

Código	Tipo de obstáculo identificado por el alumno	Interpretación	%
A	Interpretación del enunciado	Falta de comprensión en el lenguaje escrito	11.5
B	No poder memorizar la tabla periódica o las fórmulas químicas	Confusión entre memorizar y comprender	11.5
C	Aplicar correctamente los prefijos, sufijos, subíndices, adjudicar nombres	Rechazo de las reglas de nomenclatura	19.3
D	Deducir las valencias de un elemento	Darle significado a la configuración electrónica	30.7
E	Calcular el número de oxidación de un elemento en una molécula o la carga de un ión	Rechazo de la aplicación de las reglas de nomenclatura	26.9

Tabla 2. Reflexiones de los estudiantes del grupo P.

Código	Reflexión del alumno Frase representativa	Interpretación	%
R-1	"Más empeño, más compromiso, poner más atención, dedicarle más tiempo, ..."	Ellos se hacen cargo de su aprendizaje	29.4
R-2	"Más ejemplos de parte del profesor", "Enseñar es ver-jugar-aprender, en vez de explicar conceptos"	Están conscientes de que dependen del profesor	17.6
R-3	"Echarle coco, pensarle un poco y comprender primero antes de hacerlo", "no es necesario hacer tantos ejercicios si se hacen mecánicamente, yo creo que es mejor realizar uno, pero entender y razonarlo adecuadamente"	Son los alumnos que se preocupan más por comprender que por memorizar	41.2
R-4	"Estudiar individualmente, estudiar en grupo"	Están conscientes de las dudas que se les presentan y buscan ayuda de pares	11.8

Las tablas 1 y 2 resumen los obstáculos detectados por los alumnos así como las reflexiones del grupo P (Gómez y Reyes-Sánchez, 2004).

El código A incluye el 11.5% de los alumnos que no pudieron contestar la pregunta 1 debido, posiblemente, a una falta de comprensión de lo que se les demandaba o bien, a dificultades en expresar de forma escrita las causas que les impedieron encontrar el obstáculo.

En el código B se aprecia que los alumnos creyeron que recurriendo a la memoria de corto plazo (Niaz, 2005) podrían aprender nomenclatura, puesto que es la salida pronta para un examen. No se sintieron involucrados en el aprendizaje del lenguaje químico porque no apreciaron su importancia.

Tabla 3. Identificación de obstáculos del grupo M y S.

Código	Tipo de dificultad identificada por el alumno y frase representativa:	Obstáculo detectado	%
B-1	Nombre y fórmula "Se me dificulta escribir la fórmula cuando me dan el nombre de un compuesto."	Confusión entre memorizar, comprender y aprender	22.5
C-1	Reglas "No sé cuándo utilizar las terminaciones -ico, -oso, -ito, -ato."	Rechazo a la aplicación de las reglas de nomenclatura,	33.1
E-1	Número de oxidación "No comprendo como se utilizan las cargas y los números de oxidación"	Rechazo a la aplicación de las reglas de nomenclatura.	28.6
F	Identificación de grupos: "Se me dificulta diferenciar entre grupos, como óxidos e hidróxidos, por ejemplo"	Falta de representación real y vivencial de los compuestos químicos.	15.8

Los códigos C (aplicar prefijos y sufijos) y E (calcular número de oxidación) coinciden en que un número importante de alumnos (46.2%) no recurren al uso de las reglas que se les proporcionaron, porque no las recuerdan y ni se preocuparon por retenerlas. En dichos alumnos existe un absoluto rechazo a aplicar las reglas de nomenclatura.

El código D (30.7%) agrupa las respuestas que indican que algunos estudiantes fueron incapaces de deducir el número de oxidación en la fórmula química o el ión poliatómico, a pesar de que la tabla periódica y la configuración electrónica muestran los electrones disponibles de cada elemento.

La tabla 2 muestra la frase más representativa para cada uno de los códigos de las reflexiones hechas por los alumnos.

La mayoría de los alumnos (82.4%; R-1, R-3 y R-4) se cuestionaron el porqué de sus obstáculos tomando conciencia de ellos e iniciando un proceso de autorregulación (Mayer, 1998; Boekaerts, 1999), desarrollando diferentes actividades para el aprendizaje y pensando sobre las ventajas que tiene comprender en vez de memorizar a corto plazo. Otro grupo (R-2, 17.6%) atribuye sus limitaciones a la actividad del profesor dentro del aula, indicaron que sus obstáculos se superarían si la enseñanza de la nomenclatura fuera más amena y divertida, dependen del profesor y de la disciplina que les impone, no recurren a los textos ni desean hacerse cargo de su propio aprendizaje (Moore, 1999).

La tabla 3 se refiere a los obstáculos detectados por los alumnos del grupo M y S.

Los códigos B, C y E del grupo P coinciden con los códigos B-1, C-1 y E-1 del grupo M y S. En ambos grupos los alumnos, al no poder deducir de la tabla periódica o de la configuración electrónica los números de oxidación de los elementos, carecen de recursos para aplicar las reglas de nomenclatura y recurren a la memoria para contestar las preguntas.

Estas reglas les han sido impuestas antes de que se cuestionaran su necesidad, sin presentarles el proceso histórico que las originó (Wirtz, 2006). Por ejemplo, si en la naturaleza hay óxidos de hierro de distintos colores es porque la combinación del hierro con el oxígeno se lleva a cabo en distintas proporciones, y hay por lo tanto necesidad de indicar cuál es la composición de cada uno de ellos. Si el alumno no está consciente de esa necesidad las reglas carecen de sentido.

Cuando por alguna circunstancia hay contacto con una solución muy diluida de ácido clorhídrico o de hidróxido de sodio, la sensación de picor o de viscosidad percibidas se recuerda con facilidad, la clasificación de compuestos químicos comenzaría a tener mayor sentido y significado, y no sería necesario memorizar una definición a corto plazo. No han comprendido —porque no se los hemos hecho ver— que esta clasificación no es arbitraria, sino que se basa en propiedades semejantes de los compuestos químicos para reconocerlos como óxidos, ácidos, bases, sales, compuestos de coordinación, etc., y se convierte en un obstáculo que impide a los estudiantes darle sentido a la clasificación. Lo anterior lo pone de manifiesto el comentario general de los alumnos agrupados en el código F.

Tabla 4. Reflexiones de los alumnos del grupo M y S.

Código	Reflexión del alumno y frase representativa	Interpretación	%
R-1a	"Aprender bien", "Tengo que poner más empeño en realizar ejercicios"	Ellos se hacen cargo de su aprendizaje	19.0
R-2a	"Requiero ayuda del profesor" "Necesito hacer tareas"	Están conscientes de que dependen del profesor	20.6
R-3a	"Memoricé la tabla por familias para conocer las valencias", "Memoricé las terminaciones -oso e -ico de los ácidos y las de las sales ternarias: -ito y -ato", "Memoricé una lista de los ácidos más usuales"	Son alumnos que se preocupan por recordar más que por comprender	19.0
R-4a	"Cuando tenía dudas pregunté a quien yo tenía presente que sabía un poco más", "Se me hace más práctico hacer ejercicios para resolver dudas"	Están conscientes de las dudas que se les presentan y buscan ayuda de pares	9.6
R-5	"Me aprendí las reglas" "Hacer toda las tareas, o por lo menos hacer todos los ejercicios"	Les da buenos resultados aceptar y seguir las reglas	17.5
R-6	"Aún se me dificulta un poco el orden de los elementos, de las fórmulas y de los subíndices"	Vuelven a citar las mismas dificultades en vez de reflexionar sobre éstas.	14.3

Este código muestra la necesidad que ellos tienen de relacionar las clases teóricas de Química General con el laboratorio, ya ampliamente demostrada en numerosos artículos relacionados con CTS (Garritz, 1994), de los que se hace caso omiso en algunos planes de estudio.

Las reflexiones de los alumnos del grupo M y S se muestran en la tabla 4, donde los códigos R-1, R-2, R-3 y R-4 son equivalentes a los del grupo P y los códigos R-5 y R-6 son propios de este grupo.

Entre los alumnos del grupo M y S hay quienes han hecho un esfuerzo consciente para aprender (códigos R-1a, R-3a, R-4a y R-5, en total 61.5 %). Con excepción del grupo del código R-3a, cuya preocupación se limita a memorizar, los demás alumnos muestran cierta independencia, haciéndose responsables de su aprendizaje y buscando formas de resolver sus dudas; es decir, están desarrollando un aprendizaje metacognitivo y una autorregulación del mismo (Mayer, 1998 y Boekaerts, 2000).

En cambio los correspondientes al código R-2a, no muestran iniciativa para hacerse cargo de su aprendizaje, están dependiendo de la dirección del profesor.

Un 14.3% de los estudiantes vuelven a expresar los mismos obstáculos que citaron en un principio; es decir, todavía no han alcanzado un nivel que les permita diferenciar entre el obstáculo del aprendizaje y la forma de cómo superarlo. En la

tabla 5 se resumen las diferencias y semejanzas de ambos grupos; en ella se muestra la diferencia entre alumnos regulares y repetidores en cuanto a su participación en el aprendizaje; mayor autorregulación entre los primeros y mayor grado de "memoristas" entre los segundos.

Los prejuicios de los alumnos sobre la nomenclatura

En ambos grupos se detectó que la nomenclatura es difícil para ellos, y un prejuicio transmitido entre los estudiantes, que quizá sí lo sea en las primeras etapas del conocimiento de la química, debido a que requiere de un lenguaje especial, pero que si no es superado, bloquea al alumno desde el principio.

Ejemplos de ello son los siguientes comentarios: "Existe un gran mito de lo que es la nomenclatura, se dice que es muy difícil", "Creo que lo difícil era ponerme a estudiar porque ya me di cuenta que no es muy difícil", "Estudiar aunque parezca difícil", "Eliminar la idea de que aprender nomenclatura era difícil"

Y otro comentario más contundente: "La única forma es que el alumno en verdad quiera aprender".

Tabla 5. Análisis comparativo del grupo piloto P y el grupo M y S.

Grupo P		Grupo M y S		Comentarios
Código	%	Código	%	
A	11.5			No hubo código equivalente en el grupo M y S
B	11.5	B-2	22.5	Entre los repetidores hay el doble de alumnos "memorizadores"
C	19.3	C-1	31.1	Entre los repetidores hay mayor rechazo a las reglas de nomenclatura
D	30.7			No hubo código equivalente en el grupo M y S
E	26.9	E-1	28.6	Porcentajes muy parecidos en el cálculo de los números de oxidación
		F	15.8	No hubo código equivalente en el grupo P
R-1	29.4	R-1 a	19.0	Los alumnos regulares se hacen cargo de su aprendizaje en mayor proporción, existe una mayor autorregulación.
R-2	17.6	R-2 a	20.6	Mayor dependencia del profesor entre los alumnos repetidores
R-3	41.2	R-3 a	19.0	Doble número de alumnos interesados en comprender en el grupo P (alumnos regulares)
R-4	11.8	R-4 a	9.6	Ambos grupos están igualmente interesados en buscar ayuda.
		R-5	17.5	No hubo código equivalente en el grupo P.
		R-6	14.3	No hubo código equivalente en el grupo P.

Conclusiones

Los obstáculos detectados que dificultan el aprendizaje del tema nomenclatura química son básicamente:

- Confusión de las reglas, aprendizaje memorístico sin comprensión y, por tanto, a corto plazo.
- Irreflexión sobre lo que se aprende y permanencia en el mismo sistema de aprendizaje (no estar conciente de lo que se aprende y no querer cambiar la forma de estudiar).
- Aislamiento de los conceptos estudiados en distintos capítulos.
- El mito de la dificultad del estudio de la nomenclatura
- Desde el punto de vista del conocimiento pedagógico del contenido, se observa que un número importante de alumnos no alcanzaron el aprendizaje deseado por que:
- El tema impartido fue aislado del contexto y el alumno no pudo relacionarlo con su medio y sus intereses.
- En secundaria y posiblemente a nivel medio superior, el alumno no comprende las razones de un lenguaje especial, puesto que no conoce la amplia gama de los compuestos químicos y la necesidad de ese lenguaje.
- Se evalúan los exámenes por las respuestas correctas, y no se consideran las razones por las que el alumno llega a una determinada conclusión.
- Cuando la nomenclatura forma parte de un solo capítulo, como en la mayoría de los libros de textos y planes de estudio, es más difícil relacionarla con el contexto y el enfoque CTS, por lo que el alumno no logra comprender cuál es la importancia del tema y si la requiere aprender.
- Los obstáculos detectados no parecen ser exclusivos del estudio de la nomenclatura, posiblemente se podrían detectar en otros temas, aunque los problemas de aprendizaje parecen ser más agudos con la nomenclatura porque se les obligó a estudiarla en secundaria, cuando pocos estudiantes podían comprender su sentido y razón de ser.

Tipos de estudiantes observados

- Los que no han diferenciado entre aprender y memorizar y reconocen que el bajo resultado de las evaluaciones se debe a su falta de disciplina para “estudiar”, por lo que se sienten culpables.
- Los que atribuyen su aprendizaje al profesor o tipo de enseñanza. Según ellos, el profesor tiene que amenizar siempre la clase, sin tomar en cuenta que ya está en un nivel de estudios profesionales y que sin su colaboración el aprendizaje no se puede llevar a cabo
- Los que atribuyen su éxito o fracaso al tipo de estudio: estudiar individualmente o en grupo. Se están cuestionando que su forma de estudiar no es, posiblemente, la más adecuada para lograr el aprendizaje y piensan que cambiar de procedimiento puede aportarle beneficios.
- Los que están ya tomando conciencia de que el aprendizaje está bajo su responsabilidad y se dan cuenta de aquellos factores que les favorecen, y de los que no les benefician.

Qué sigue...

El haber hecho explícitos los obstáculos de aprendizaje, los principales tipos de alumnos, así como las observaciones sobre el conocimiento pedagógico del tema, abre caminos para diseñar y adaptar unidades didácticas secuenciadas para cada nivel académico, lo cual permite seleccionar las estrategias más adecuadas en cada caso, así como los recursos de evaluación que permitan apreciar el aprendizaje significativo logrado.

Agradecimientos

A la Dirección General de Asuntos del Personal Académico por el apoyo al Proyecto PAPIME EN218504 “Mejoramiento e innovación de la enseñanza de la Química General para diversas carreras del área de Química”.

Bibliografía

- Astolfi, J. P., *El “error” como medio para pensar*, Diada, Sevilla, España, 1999.
- Bargalló, M., *Tratado de Química Inorgánica*, Porrúa, México, 1962.
- Boekaerts, M., Pintrich, P. R. y Zeinder, M., Self-regulation. An Introductory overview en Boekaert, M., Pintrich, P.R. y Ziener, M. (editores) *Handbook of Self-regulation*, Academic Press, San Diego, USA, pp. 1-10, 2000.
- Brown, T. L. y LeMay H. E., *Química: La ciencia central*, Prentice-Hall Hispanoamericana, México, 1987.
- Chang, R., *Química*, McGraw Hill, México, 2007.
- Chimeno, J., How to Make Learning Chemical Nomenclature Fun, Exciting and Palatable, *J. Chem. Educ.*, 77(2), 144–145, 2000.
- Crute, T.D., Classroom nomenclature Games–Bingo, *J. Chem. Educ.*, 77(4), 481–482, 2000.
- Dickinson. T.R., *Introducción a la Química*, Publicaciones Cultural, México, 1979.
- Edelvives, *Química*, Luís Vives, Zaragoza, España, 1944.
- Flavell, J. H., Metacognitive aspects of problems solving, en Resnick, L.B. (editor), *The nature of Intelligence*, Lawrence Erlbaum, Hillsdale, USA, 1976.
- Gabel, D., The complexity of Chemistry and Implications for Teaching, en (editores) Frazeer, B.J. y Tobin, K.G., *International Handbook of Science Education*, Kluber Academic Publications, Gran Bretaña, 1998.
- Garritz, A. y Chamizo, J. A., *Química*, Addison Wesley, México, 1998.
- Garritz, A., Gasque, L. y Martínez, A., *Química universitaria*, Pearson Education, México, 2005.
- Garritz, A. Ciencia-Tecnología-Sociedad. A diez años de iniciada la corriente, *Educ. quim.*, 5(4), 217–223, 1994.
- Gómez-Moliné, M. R. y Sanmartí, N., El aporte de los obstáculos epistemológicos, *Educ. quim.*, 13(1), 61–68, 2002.
- Gómez-Moliné, M. R. y Reyes-Sánchez, L. B. *La participación de los alumnos en la identificación y superación de concepciones alternativas*, XXIII Congreso Nacional de Educación Química, Mérida, 2004.

- Hernández, G., Montagut, P. y Sandoval, R., *Química en el mundo real*, Facultad de Química, UNAM, México, 1992.
- Huheey, J.E., Keiter, E.A. y Keiter, R.L., *Química Inorgánica, principios de estructura y reactividad*, Oxford University Press, México, 1997.
- Kind, V., *Más allá de las apariencias*, Santillana, México, 2004.
- Kotz, J.C., Treichel, P.M. y Harman, P.A., *Química y reactividad química*, Thomson, México, 2003.
- Lind, G. Teaching inorganic nomenclature, *J. Chem. Educ.*, 69, 613, 1992.
- Martinand, J. L., *Connaitre et transformer la matière*. Peter Lang, 1986.
- Mayer, R.E., Cognitive, metacognitive and motivational aspects of problem solving, *Instructional Science*, 26, 49-63, 1998.
- Moore, J. W., Learning is a do-it-yourself activity, *J. Chem. Educ.*, 76(6), 725, 1999.
- Níaz, M., ¿Por qué los textos de química general no cambian y siguen una 'retórica de conclusiones'? *Educ. quím.*, 16(3), 410-415, 2005.
- OCDE (Organization for Economic Co-operation and Development), *Definition and Selection of Competencies: Theoretical and Conceptual Foundations*. INESS, General Assembly, Suiza, 2000.
- Peterfalvi, B., Les obstacles et leur prise en compte didactique, *Aster*, 24, 3-11, 1997a.
- Peterfalvi, B., L'identification d'obstacles par les élèves, *Aster*, 24, 171-201, 1997b.
- Pintrich, P. R., The role of Goal Orientation in Self-Regulating Learning, en Boekaert, M., Pintrich, P.R. y Ziener, M: (editores) *Handbook of Self-Regulation*, Academic Press, San Diego, USA, pp. 451-495, 2000.
- Russell, J. B., *Química general*, McGraw Hill, México, 1985.
- Spencer, J. N., Bodner, G.M. y Rickard, L.H., *Química: Estructura y dinámica*, Compañía Editorial Continental, México, 2000.
- Vitoria, E., *Manual de Química Moderna*, Tipografía Católica, Barcelona, 1914.
- Whitten, K. W., Gailey, K. D. y Davis, R. E., *Química general*, McGraw Hill, México, 1992.
- Wirtz, M. C., Kaufmann, J. y Hawley, G., Nomenclature Made practical: Student Discovery of the Nomenclature Rules, *J. Chem. Educ.*, 83(4), 595- 598, 2006.
-