

Decálogos e Inventarios

Andrés Raviolo¹ y Andoni Garritz²

La investigación en torno a las concepciones alternativas (Wandersee, Mintzes, y Novak, 1994; Arizona State University, 2001; Flores, 2002) constituye una de las principales y fecundas líneas de investigación en Didáctica de las Ciencias que ha contribuido, en buena medida, a su surgimiento y consolidación como disciplina o campo de conocimiento (Gil, 1994; Adúriz-Bravo e Izquierdo, 2002). La Didáctica de la Química forma parte de esta ciencia. Esta línea ha cuestionado a la enseñanza tradicional basada en la transmisión de conocimientos y ha servido al objetivo de considerar de forma más compleja la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias, descartando posturas simplistas que sostenían que para enseñar bastaba con conocer la materia y tener algo de experiencia docente (Gil, Carrascosa y Martínez, 2000).

A pesar de ello, la mayoría de los profesores no son concientes de las concepciones alternativas de sus alumnos, ni conocen las concepciones halladas en investigaciones con alumnos similares a los propios y, por lo tanto, no diseñan actividades adecuadas para hacerles frente. “Lograr que los estudiantes adquieran un entendimiento bueno y exacto de los conceptos químicos representa un reto significativo para los profesores. Si esto no se toma en serio, la química se mantendrá como un misterio para muchos” (Kind, 2004).

En general, se puede afirmar que la investigación en educación de la química ha tenido poca influencia en la forma que la química es enseñada (Gabel, 1999). Por ejemplo, la enorme mayoría de los hallazgos de esta investigación no son considerados en los libros de texto en que se basan los docentes.

Quizás una de las causas principales de esta desarticulación entre la investigación y el aula, es la falta de definición de cuál es la disciplina profesional sobre la cual se desarrolla la tarea que realizamos como profesores. Esta tarea está inserta en las ciencias de la educación, en particular en el campo de la didáctica de las ciencias. Al hablar de ella como una disciplina autónoma del ámbito de las ciencias sociales, estamos seguros de que causa un resquemor insoportable en

muchos profesores que se sienten químicos antes que cualquier otra cosa (Adúriz-Bravo e Izquierdo, 2002). Un consenso logrado en la didáctica de la química es:

- La aceptación de que los procesos de enseñanza y aprendizaje son complejos.
- Que para ser un buen docente no basta con el conocimiento de la asignatura de química (requisito necesario y esencial) y/o la experiencia docente.
- Que la tarea no es tan simple como el desafío de explicar bien, de transmitir bien la estructura lógica de la disciplina, dado que esa estructura se asimila de una forma idiosincrática en el alumno.
- Que por más pasivo que pueda parecer, el alumno procesa, reelabora, construye la información en su mente.

En la formación inicial de profesores de secundaria, o bien los estudiantes cursan sólo asignaturas de las ciencias experimentales, que al final complementan con algunas materias educativas, o bien reciben en forma paralela los cursos de materias de ciencias por un lado y las asignaturas generales de educación por el otro, culminando, en el mejor de los casos, con una didáctica específica de la química y prácticas de la enseñanza. La falta de definición de la disciplina de desarrollo profesional lleva a que la didáctica de las ciencias no sea el objeto de estudio y eje vertebrador de los planes de estudio durante la formación inicial del profesorado (Raviolo, 2002). Lo mismo se puede decir de la formación continua o en ejercicio docente. Shulman (1986, 1987) genera un concepto que denomina “Conocimiento pedagógico del contenido” (CPC). En él incluye, para los tópicos más regularmente enseñados en el área temática del profesor, lo que habilita a un profesor para responder a preguntas tales como: “¿Qué analogías, metáforas, ejemplos, símiles, demostraciones, simulaciones, manipulaciones, o similares, son las formas más efectivas para comunicar los entendimientos apropiados o las actitudes de este tópico a estudiantes con antecedentes particulares?” (Shulman y Sykes, 1986, p. 9).

Los profesores universitarios, sin formación inicial docente, poseen un CPC (Garritz y Trinidad-Velasco, 2004), que al comienzo se basa, fundamentalmente, en su experiencia como alumnos y luego en su experiencia como docentes. Pero, para proceder de una forma “científica” ese conocimiento tendría que ser

¹ Universidad Nacional del Comahue. Bariloche. Argentina. araviolo@bariloche.com.ar

² Facultad de Química, UNAM: andoni@servidor.unam.mx

contrastado con un CPC estándar o sistematizado. Aunque en la actualidad, como trataremos en adelante, no es tan sencillo encontrar y/o definir cual es el conocimiento deseable para la enseñanza de un contenido en particular.

La didáctica de las ciencias ha alcanzado un buen grado de desarrollo para ser un campo de investigación nuevo. Por ejemplo, ya existen manuales (o *handbooks*) sobre los resultados de las investigaciones y temas pendientes, como el de Gabel (1994) y el de Fraser y Tobin (1998). Pero estos textos están dirigidos fundamentalmente a investigadores, y no son accesibles, ni de aplicación sencilla, para los docentes. En general, el desarrollo logrado en este campo no llega, en forma global y estructural, a las carreras de formación inicial de profesores, ni a los cursos de formación continua del profesorado.

Siguiendo la analogía de médico como profesional, un buen médico no necesariamente debe realizar investigación clínica, pero sí estar al tanto de información consensuada para proceder de acuerdo con ella; disponer de libros (o manuales de consulta) sobre diagnóstico, acciones a seguir... sobre ciertos procedimientos validados por la investigación. El dominio de esos procedimientos lo identifican como profesional.

Para el caso de la enseñanza de la química, faltan los "libros de consulta" o manuales que acompañen la tarea diaria de enseñar. Nos referimos a una especie de recopilación del CPC de los más destacados profesores que nos antecedieron. Está pendiente, por ende, la difusión, y apropiación por parte de los profesores, de los resultados de la investigación. Manuales que informen sobre cuáles son las dificultades y concepciones alternativas más frecuentes sobre un tema en particular y cuáles son las estrategias más efectivas para abordarlas.

Porlán (1998) afirma que la consolidación futura de la didáctica de las ciencias como disciplina requiere de avances en varios aspectos, entre ellos: mejorar significativamente la organización de la información empírica disponible; y alienta a emprender trabajos de revisión, sistematización y categorización de la información producida en los últimos años. Entre esa información, el autor destaca la necesidad de acercar a los docentes en activo, la relacionada con los resultados obtenidos en las investigaciones sobre las concepciones alternativas de los alumnos y la forma de enfrentarlas, es decir, de propiciar el cambio concep-

tual. En esta línea, no se trata de que el profesor construya aisladamente los conocimientos didácticos sino de buscar los medios para facilitarle el acceso a los resultados de la investigación y a su apropiación.

En esta dirección, Moore (2001) realiza un llamado para convertir al *Journal of Chemical Education* en un texto vivo, convocando a autores y lectores a participar con sus ideas y esfuerzos en distintas actividades, como por ejemplo en un fórum de discusión. Advierte que estos fórum tienen que estar a cargo de moderadores que organicen la discusión, evaluación, edición y categorización de las opiniones presentadas. También llama a colaborar a través de la utilización de las nuevas tecnologías de la comunicación, con la presentación de materiales o software en los sitios Web de la revista. Menciona que muchos departamentos de química norteamericanos tienen sitios en Internet donde vuelcan distintos tipos de materiales relacionados con la enseñanza, pero que éstos no han sido evaluados ni indexados. Por ello, concluye, que se deben realizar esfuerzos para encontrar lo que es útil y categorizarlo, antes de diseminar dichas contribuciones.

Con respecto a la difusión del producto de la investigación, se presentan dos problemas; por un lado, no está accesible, especialmente para las condiciones de trabajo del profesorado latinoamericano (publicaciones internacionales, generalmente no están en español, falta de tiempo real) y, por otro lado, hay información en exceso. Se requiere un esfuerzo de búsqueda, selección, depuración y organización de la información, esfuerzo a realizar pensando en la utilidad para el docente. Con este objetivo es que proponemos elaborar *decálogos e inventarios*.

Decálogos e inventarios

En las ciencias de la educación, distintas corrientes o preocupaciones se van alternando o coexisten en un período de tiempo, promovidas por variados intereses de los investigadores. Estos intereses cambian frecuentemente y suele no quedar claro qué aportes decantan de este proceso de renovación, cuáles son las ideas sobre las que existe acuerdo y consenso.

Un *decálogo* consistiría en enunciar diez afirmaciones (actualizadas y adecuadas) de los aspectos más generales sobre el conocimiento, sobre la enseñanza, sobre el aprendizaje en general, hasta aspectos específicos, como podría ser la metodología de una demostración

(ver el cuadro 1). Pasando por decálogos sobre la enseñanza de las ciencias y, en nuestro caso particular, por la enseñanza de la química. Y, por qué no, diez afirmaciones sobre cómo hacer más efectivo el aprendizaje a partir de un experimento, de una simulación, de una analogía, sobre la metodología de clases expositivas masivas, sobre la evaluación, etc.

Cuadro 1. Decálogo sobre el uso de demostraciones en la enseñanza de la química. (Basado en Shakhshiri, 1989 y en Summerlin, 1988).

- a) Las demostraciones deben estar en función de objetivos educativos, no se justifican por sí solas.
- b) No reemplazan al trabajo en el laboratorio.
- c) Las preguntas iniciales no deberían anunciar o anticipar lo que ocurrirá sino promover las predicciones y estimular las observaciones.
- d) Deben ser bien preparadas y ensayadas. Deben funcionar y cumplir su función de ser un medio para mostrar.
- e) Deben involucrar activamente a los estudiantes. Generar un “clima” en toda el aula.
- f) Deben ser visibles a gran escala, adecuar las cantidades y materiales para ello, usar fondos blancos o negros, usar el retroproyector.
- g) Deben ser simples y sin distractores, de modo tal de centrar la atención sobre ella, generalmente no requieren reactivos exóticos ni equipo complejo.
- h) Debe ser directa y vivida, que atrape la atención en todo momento, debe ser corta para mantener el interés.
- i) Debe ser dramática y sorprendente. Involucrar cambios de colores, desprendimiento de gases, producción de precipitados.
- j) Profesor y alumnos asistentes deben tener en cuenta las mismas precauciones y medidas de seguridad.

Es decir, los decálogos serían esfuerzos provisorios de sistematización de los consensos logrados, que abarcan desde aspectos generales a particulares, para promover su discusión reflexiva. Un decálogo no es definitivo, ni tiene por que ser único, puede cambiar de acuerdo al contexto en que esté formulado, por ejemplo al nivel educativo. Uno, como profesor, tendría que poder expresar 10 afirmaciones sobre lo que uno cree que es el aprendizaje, la enseñanza o cómo

llevar adelante una práctica de laboratorio, sin embargo, qué difícil nos resulta esta tarea... la idea de elaborar decálogos es una invitación a la reflexión y a la discusión.

En cambio los *inventarios*, que complementan a los decálogos, se refieren a ejemplos concretos de aspectos de la enseñanza y aprendizaje de un tema en particular. Por ejemplo un inventario de las concepciones alternativas sobre el equilibrio químico (Raviolo y Martínez Aznar, 2003).

Hoy se encuentran estudiadas las dificultades y concepciones alternativas que poseen los estudiantes en la mayoría de los temas del currículo de química. Aunque es cierto que, a pesar de que el auge en la investigación de las concepciones alternativas disparó el interés por el contenido, todavía se debe avanzar más en propuestas fundamentadas sobre cómo enseñar los diferentes temas, es decir, sobre un adecuado CPC (White, 1994).

Los aspectos sobre los cuales se podrían realizar inventarios para un contenido son: ideas centrales para su enseñanza, dificultades de aprendizaje y concepciones alternativas, orígenes de estas dificultades y concepciones (muchos son comunes a varios temas), enfoques de enseñanza, cuestiones o problemas conceptuales, demostraciones, analogías, simulaciones, experimentos de laboratorio, relevancia–aplicaciones, perspectiva CTS, cuestiones de evaluación, evolución histórica y sus implicaciones para la enseñanza del tema.

Loughran, Mulhall y Berry (2004) nos presentan dos herramientas para recopilar el CPC de los profesores:

- La representación del contenido o CoRe (Un apócope de “Content Representation”).
- Los repertorios de experiencia profesional y pedagógica, o PaP-eRs (por las siglas de “Professional and Pedagogical experience Repertoires”), que es una especie de inventario como los propuestos por los autores de esta editorial.

Para obtener la Representación del Contenido (CoRe) extraen del profesor las ideas centrales de su exposición del tema. Por ejemplo, en el cuadro 2, se presentan las diez ideas consideradas como fundamentales por nueve estudiantes de maestría como profesores en formación.

Cuadro 2. Ideas centrales para la presentación del tema de la estructura corpuscular de la materia. (Tomado de los resultados del Conocimiento Pedagógico del Contenido de los alumnos de la Maestría en Docencia para la Educación Media Superior —MADEMS— campo de la química, Universidad Nacional Autónoma de México, 2004).

- A. La materia está conformada de pequeñas partículas.
- B. Las partículas están en constante movimiento azaroso.
- C. El espacio entre las partículas está vacío.
- D. Las dimensiones de las partículas son constantes, independientemente del estado de agregación.
- E. Las propiedades que se observan en las sustancias, son un resultado de la interacción de las partículas y no propiedades de cada partícula individual.
- F. Las fuerzas intramoleculares e intermoleculares son modelos acerca de las interacciones entre las entidades elementales constituyentes de las partículas.
- G. Las entidades elementales se encuentran unidas entre sí a través de enlaces electrostáticos.
- H. Las aplicaciones de la estructura corpuscular de la materia para la explicación de sólidos líquidos y gases, sus cambios de estado, sus cambios energéticos, la presión de vapor, la tensión superficial, la temperatura, etc., dan explicación a dudas genuinas sobre los fenómenos naturales.
- I. La conservación de la materia en los procesos en los que interviene es un proceso básico.
- J. Un modelo representa a un objeto, sistema, o proceso, aunque hay que diferenciarlo de cualquiera de ellos.

Para cada idea central se le pregunta al profesor:
¿Qué intenta que los estudiantes aprendan alrededor de esta idea?

¿Por qué es importante para los estudiantes aprender esta idea?

¿Qué más sabe sobre esta idea? (Lo que usted no va a enseñar por ahora a los estudiantes).

¿Cuáles son las dificultades y limitaciones conectadas a la enseñanza de esta idea?

¿Qué conocimiento acerca del pensamiento de los estudiantes influye en su enseñanza de esta idea?

¿Cuáles son otros factores que influyen en su enseñanza de esta idea?

¿Qué procedimientos emplea para que los alumnos se comprometan con la idea?

¿Qué maneras específicas utiliza para evaluar el

entendimiento o confusión de los alumnos sobre la idea?

Las respuestas a cada una de estas ocho preguntas para cada idea central conforman el CoRe del profesor.

Por su parte, los Repertorios de Experiencia Profesional y Pedagógica (PaP-eRs), son inventarios o explicaciones narrativas del CPC de un profesor para una pieza particular de contenido científico. Cada PaP-eR “desempaca” el pensamiento del profesor alrededor de un elemento del CPC de ese contenido y está basado en observaciones de clase y comentarios hechos por el profesor durante las entrevistas en las cuales se desarrolla el CoRe (Loughran, Milroy, Gunstone, Berry, y Mulhall, 2001).

Se intenta que los PaP-eRs representen el razonamiento del profesor, o sea, el pensamiento y acciones de un profesor de ciencia exitoso al enseñar un aspecto específico del contenido científico. La función de la narrativa es elaborar y adentrarse en los elementos interactivos del CPC del profesor, de forma que sea significativa y accesible al lector, y que pueda ser útil para fomentar la reflexión acerca del CPC bajo consideración (véase un ejemplo de PaP-eR en la actividad del cuadro 3).

Los inventarios o PaP-ers ofrecen una forma de capturar la naturaleza holística y la complejidad del CPC. Tienen la capacidad de expresar un “todo narrativo” y funcionan para explicar en un texto lo que un profesor toma como acciones al dar su clase.

Para ver un par de ejemplos de estos PaP-eRs se remite al lector al apéndice 2 del artículo de Loughran, Mulhall y Berry (2004) o al apéndice B del de Mulhall, Berry y Loughran (2003).

Cuadro 3. Una actividad, que forma parte de un inventario, con el objeto de fomentar el entendimiento de lo que es un modelo. (Tomado de una tarea de una alumna de la MADEMS en la UNAM).

Ma. de Lourdes García Jiménez

Elaborando un modelo (Haber-Schaim, 1976)

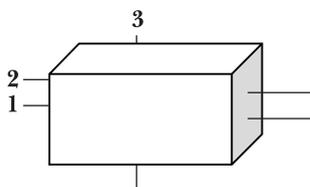
Propósito: Elaborar un modelo de una “caja verde”, que se acerque lo más posible a la realidad; a partir de hipótesis sobre la naturaleza, tamaño, forma y distribución de los objetos del interior de la caja.

Desarrollo

Actividad inicial del profesor o profesora

En una caja de zapatos, galletas o de avena vacía.

- Atraviese la caja con tres agujas de “tejer”, dos paralelas a lo largo de la caja, separadas unos diez centímetros y la tercera perpendicular a las otras dos (en medio de la caja, y entrelazada en las agujas paralelas) (ver dibujo).
- En una de las agujas paralelas, inserte un bombón, enseguida un clip grande, una rondana o un objeto que ruede y que sea metálico, y otro bombón. De tal manera que los objetos no se deslicen por la aguja libremente, es decir, que quede limitado su deslizamiento.
- En la otra aguja paralela, inserte uno o dos objetos no metálicos.
- Coloque dentro de la caja algún otro objeto como carrete de hilo, tornillo, clavo, sacapuntas, tapa de refresco, etc. (no sólo objetos metálicos)
- Cíerrela con cinta adhesiva. Es opcional forrarla con papel verde o del color que prefiera, lo importante es que no se vea el interior.
- Prepare varias cajas idénticas, proporcione dos por equipo.



Nota: Es recomendable hacer pruebas, porque hay variaciones en el arreglo de los objetos y las agujas, que pueden llevar a substanciales inferencias de acuerdo a los intereses didácticos, de tiempo y a las características de los alumnos.

Actividades de los alumnos y alumnas

Una condición es: no abrir la caja.

- Al iniciar, los alumnos tienden a hacer preguntas y a observar sagazmente; para lo cual es posible agitar con cuidado e inclinar de un lado a otro en diversas direcciones, escuchar con atención los sonidos que se puedan producir, percibir los movimientos del interior de la caja, pesarla, tratar de inferir si los objetos son muy pesados o no, cuantos podrán ser, cuál es su distribución, mover las

agujas (sin quitarlas), también se puede probar con un imán, etc.

- Imaginar el contenido de la caja, e ir haciendo anotaciones sobre las observaciones, para compararlas con las de los compañeros, y generar argumentos que justifiquen las conjeturas planteadas y formular predicciones para poder elaborar un modelo, contrastándolo con los hechos experimentales.
- Que describan los objetos a partir de las propiedades que se han experimentado. Llegar a las representaciones –dibujar el modelo que construyan mentalmente.
- Una validación pertinente es la formulación de inferencias. Hasta que el modelo esté representado, se plantea, “qué sucederá cuando se quite una aguja determinada (1, 2 o 3) y cómo influirá a las pruebas realizadas anteriormente y a la representación del modelo propuesto”.
- Anotar las predicciones para intentar probarlas. No es lo mismo quitar una aguja que otra; esta situación modifica las inferencias, por lo que es importante usar una caja para comprobar cada una.
- Después de la comprobación o no de las inferencias, es el momento de modificar el modelo planteado hasta llegar al que produzca mayor confianza.
- Finalmente se plantea a los estudiantes, de qué otra manera se podría obtener mayor información de la caja, y si habría una modificación del modelo propuesto.

Es fundamental que no se revele el contenido de la caja

Un cierre importante de esta actividad, sería que se acordara con los estudiantes que un modelo es:

- Una representación provisional y perfectible, su importancia está en su poder explicativo y predictivo.
- Que existe más de un modelo para explicar un mismo fenómeno.
- Una explicación teórica de algo que no se puede conocer en forma directa y absoluta, pero que podrá ir evolucionando a medida que se cuente con otros métodos para analizar eso que se desconoce.

Para el caso de la química, se han generado modelos como el de partículas de la materia, para proporcionar una mayor comprensión sobre la naturaleza de la misma. No podemos conocer completa la composición de las sustancias, la naturaleza de las partículas y sus unidades estructurales. Sólo podemos experimentar y hacer conjeturas confirmándolas o no, al ponerlas a prueba. Pero siempre con la posibilidad de realizar más preguntas, experimentar, medir y evaluar, ya sea

de manera directa e indirecta y, promisoriamente, aproximarnos a la verdad.

Referencia

Haber-Schaim, U. et al, (1976), Curso de Introducción a las Ciencias Físicas, IPS, 2ª edición, Reverte, México, p 156-157.

Recientemente, Bucat (2004) convoca a profesores, químicos e investigadores en la educación química a trabajar juntos para integrar los hallazgos pedagógicos, químicos y de investigación educativa y crear una colección de CPC sistematizado y documentado. Sostiene que existen miles de discusiones y consejos sobre la enseñanza de los distintos temas, pero no hay una colección sistemática basada en la investigación y análisis de aspectos particulares de una temática, acompañada por evaluación en el aula.

Con este objetivo, Thiele y Treagust (1994) instan a desarrollar inventarios docentes de analogías para cada tema de la química, aunque reconocen que no sólo es necesario que los profesores cuenten con esos inventarios, sino que también deberían contar con un modelo de enseñanza que guíe el uso de esas analogías (un decálogo). Ese modelo, para la enseñanza con analogías, debería incluir un momento para establecer las similitudes y no similitudes entre análogo y objetivo.

Los inventarios (o PaP-ers) favorecen el acceso al producto sistematizado del conocimiento pedagógico de un contenido. En cambio, un libro de didáctica de las ciencias, por ejemplo sobre la enseñanza de la química, destaca algunos aspectos del aprendizaje y la enseñanza, aportando ejemplos concretos desde algunos contenidos específicos que ilustran las posturas del autor; en definitiva, esos libros recorren caminos entre decálogos e inventarios.

Lograr un conjunto estandarizado de decálogos e inventarios que reflejen el CPC de los mejores profesores del orbe puede parecer una tarea inmensa y utópica, pero se puede comenzar con los conceptos básicos. Sin duda es una tarea que vale la pena, para que toda esa riqueza que emplea cotidianamente nuestro profesorado con experiencia se quede con nosotros y, de esta manera, contribuir a consolidar la especificidad profesional del profesor de química. En esta tarea de elaborar decálogos e inventarios, las asociaciones profesionales, editoriales y revistas, podrían tener un rol protagónico.

Referencias

Adúriz-Bravo, A. e Izquierdo, M., Acerca de la didáctica de las ciencias como disciplina autónoma, *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias* 1(3) artículo 1, 2002. Disponible en la URL www.saum.uvigo.es/recc/volumenes/volumen1/Numero3/Art1.pdf

Arizona State University, Student Preconceptions and Misconceptions in Chemistry. Integrated Physics and Chemistry Modeling Workshop, June 2001. Consultado el 19 de diciembre de 2004 en la URL: <http://www.daisley.net/hellevator/misconceptions/misconceptions.pdf>

Bucat, R., Pedagogical content knowledge as a way forward: applied research in chemistry education. *Chemical Education Research and Practice* 5(3), 215-228, 2004.

Fraser, B. y Tobin, K. (Eds.), *International Handbook of Science Education*, Kluwer, London, 1998.

Flores, F. et al, *Ideas previas*, Universidad Nacional Autónoma de México-Universidad Pedagógica Nacional-Universidad Autónoma de Sinaloa: México, 2002. Consultado el 19 de diciembre de 2004 en la URL <http://ideasprevias.cinstrum.unam.mx:2048/>

Gabel, D. (Ed.), *Handbook of Research on Science Teaching and Learning*, MacMillan, N.Y., 1994.

Gabel, D., Improving teaching and learning through chemistry education research: a look to the future, *Journal of Chemical Education*, 76(4), 548-554, 1999.

Garritz, A. y Trinidad-Velasco, R., El conocimiento pedagógico del contenido, *Educación Química*, 15(2), 98-102, 2004.

Gil, D., Diez años de investigación en didáctica de las ciencias: Realizaciones y perspectivas, *Enseñanza de las Ciencias* 12(2), 154-164, 1994.

Gil, D., Carrascosa, J. y Martínez, F., Una disciplina emergente y un campo específico de investigación, Capítulo 1, En *Didáctica de las Ciencias Experimentales*, Perales, F. y Cañal, P. (Editores), Marfil, España, 2000.

- Kind, V., *Más allá de las apariencias. Ideas previas de los estudiantes sobre conceptos básicos de química*, México: Aula XXI, Santillana-Facultad de Química, UNAM, 2004.
- Loughran, J., Milroy, P., Gunstone, R., Berry, A. y Mulhall, P. Documenting Science Teachers' Pedagogical Content Knowledge Trough PaP-eRs. *Research in Science Education* **31**, 289-307, 2001.
- Loughran, J., Mulhall, P. y Berry, A. In Search of Pedagogical Content Knowledge in Science: Developing Ways of Articulating and Documenting Professional Practice, *Journal of Research in Science Teaching* **41**(4), 370-391, 2004.
- Moore, J. W., A living textbook for the future. *Journal of Chemical Education*, **78**(6), 703, 2001.
- Mulhall, P., Berry, A. y Loughran, J. (2003). Frameworks for representing science teachers' pedagogical content knowledge, *Asia Pacific Forum on Science Learning and Teaching*, Vol. **4**(2), Art. 2 en: http://www.ied.edu.hk/apfslt/v4_issue2/mulhall/index.htm#contents
- Porlán, R., Pasado, presente y futuro de la Didáctica de las Ciencias, *Enseñanza de las Ciencias*, **16**(1), 175-185, 1998.
- Raviolo, A., ¿Cuál es la disciplina profesional del profesor en química? Provocación al debate, *Educación en la Química*, **8**(1), 5-9, 2002.
- Raviolo, A y Martínez Aznar, M., Una revisión sobre las concepciones alternativas de los estudiantes en relación con el equilibrio químico. Clasificación y síntesis de sugerencias didácticas, *Educación Química* **14**(3), 60-66, 2003.
- Shakhashiri, B., *Chemical demonstrations* (volume 1 y 2), The University of Wisconsin Press, 1983.
- Shulman, L. S., Those Who Understand: Knowledge Growth in Teaching, *Educational Researcher*, **15**(2), 4-14, 1986.
- Shulman, L. S., Knowledge and Teaching: Foundations of the New Reform, *Harvard Educational Review* **57**(1), 1-22, 1987.
- Shulman, L. S. y Sykes, G. *A national board for teaching? In search of a bold standard: A report for the task force on teaching as a profession*. New York: Carnegie Corporation, 1986
- Summerlin, L. y Ealy, J. *Chemical demonstrations volume 1* (2° edition), American Chemical Society, Washington, 1988.
- Thiele, R. y Treagust, D., An interpretative examination of high school chemistry teachers' analogical explanations, *Journal of Research in Science Teaching*, **31**(3), 227-242, 1994.
- Wandersee, J. H., Mintzes, J. J. y Novak, J. D., Research on Alternative Conceptions in Science. In D. Gabel (Ed.), *Handbook of Research on Science Teaching and Learning*, New York, Macmillan, pp. 177-210, 1994.
- White, R., Dimensions of content. En Fensham P., Gunstone, R. y White, R. (Eds.), *The content of Science. A constructivist approach to its teaching and learning*, Falmer Press, London, 1994.