



VOL. 16, Nº 2 (mayo-agosto 2012)

ISSN 1138-414X (edición papel)

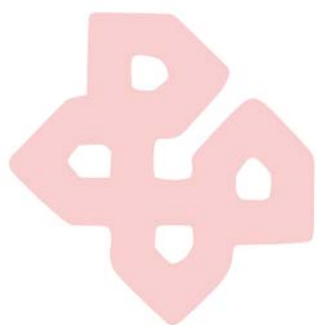
ISSN 1989-639X (edición electrónica)

Fecha de recepción 20/10/2011

Fecha de aceptación 18/06/2012

## LOS FORMADORES DE PROFESORES: EL DESAFÍO DE ENSEÑAR ENSEÑANDO

*Teacher's educators: The challenge of teaching trough teaching*



*María Gabriela Lorenzo*

*Centro de Investigación y Apoyo a la Educación Científica (CIAEC). Facultad de Farmacia y Bioquímica. Universidad de Buenos Aires. Centro de Investigaciones Científicas y Tecnológicas (CONICET). Argentina*

*E-mail: [ciaec@ffyb.uba.ar](mailto:ciaec@ffyb.uba.ar)*

### Resumen:

*Un desafío de las investigaciones en Didáctica de las Ciencias Naturales reside en poder transformar o transponer aquellos conocimientos construidos en el ámbito de la investigación científica en alternativas o propuestas que puedan concretarse a nivel del aula. En este trabajo intentaremos mostrar como los aportes de las investigaciones en este campo nos pueden ayudar a desempeñar nuestra tarea docente con un alto grado de calidad y eficiencia. Organizamos esta presentación proponiendo un modelo para teorizar sobre la formación de los profesores de química, el BiPiT, que combina el triángulo químico con la propuesta del conocimiento didáctico del contenido. A lo largo de la misma iremos reflexionando sobre las estrechas relaciones entre la enseñanza y el aprendizaje, planteando un ida y vuelta entre la didáctica de la química, la química y su enseñanza.*

*Palabras clave:* enseñanza de la química, formación docente, conocimiento pedagógico del contenido, competencias, modelo de integración multinivel.

### Abstract:

*To transform and to transpose the constructed knowledge in the field of scientific research in alternatives or proposals that may be implemented at the classroom level is a challenge for Science Education research. This paper attempts to show how the contributions of research in this field can help us fulfill our teaching with high quality and efficiency. We organize this presentation proposing a model for theorizing about the training of chemistry teachers, the BiPiT, which combines the chemical triangle with the proposal of pedagogical content knowledge. Along the same we will reflect on the close relations between teaching and learning, suggesting a back and forth between the chemistry teaching, Chemistry and teaching.*

*Key words:* Chemistry teaching, teachers' education, pedagogical content knowledge, competences, multilevel integration model.

## 1. Introducción

La concreción a nivel del aula de las ideas y saberes surgidos de las investigaciones en Didáctica de las Ciencias Naturales requiere de poder transformar los conocimientos construidos en campo de la investigación científica en propuestas de aplicación práctica (Bucat, 2004), lo que constituye un verdadero desafío para los docentes de química (Gil y Pessoa, 2000).

Si nos preguntaran qué es enseñar, encontraríamos rápidamente respuestas como las siguientes: Enseñar es explicar, exponer, dar, decir, iluminar, exhibir, mostrar; y tal vez, con algo más de esfuerzo, respuestas como estas otras: Enseñar es educar, modelizar, ejemplificar, comunicar, interactuar, escuchar, problematizar. Recurrir al diccionario, siempre es una buena idea para rastrear el significado de las palabras, así el de la Real Academia Española dice al referirse al concepto de enseñanza:

(Del lat. vulg. *insignāre*, señalar).

tr. Instruir, doctrinar, amaestrar con reglas o preceptos.

tr. Dar advertencia, ejemplo o escarmiento que sirva de experiencia y guía para obrar en lo sucesivo.

tr. Indicar, dar señas de algo.

tr. Mostrar o exponer algo, para que sea visto y apreciado.

tr. Dejar aparecer, dejar ver algo involuntariamente.

prnl. Acostumbrarse, habituarse a algo.

Como podemos apreciar, estas definiciones responden más bien al sentido clásico de la palabra y no tanto, a la concepción de la enseñanza como un acto plenamente comunicativo. Si profundizáramos en la cuestión, y la pregunta ahora fuera ¿Quiénes enseñan? la respuesta sería aún más sencilla: ¡los maestros! ¡Las profesoras y los profesores! Pero, ¿quién les enseña a los maestros y a los profesores a enseñar? Es allí donde aparecen los y las formadores de profesores, los profesores de profesorado, o en inglés, los *teacher educators*. ¿Y cómo ha sido la formación pedagógica de los profesores del profesorado? Aquí, la respuesta no es tan obvia. Solemos escuchar que, como la gran mayoría de los que ejercen la docencia en el nivel superior, aprendieron solos, a partir de su propia experiencia, como estudiantes primero y como profesores después (Kane y col., 2002, Tamir, 2005). En general, la formación de profesores suele quedar en manos de profesionales universitarios, que a pesar de que se hayan formado y se desempeñen en la institución formativa de mayor nivel existente, no han recibido formalmente formación en cuestiones pedagógicas y didácticas para ejercer la función docente (Más Torello, 2011).

Debemos aceptar que la enseñanza y el aprendizaje son dos procesos diferentes, ontológicamente dependientes uno de otro, y que son abordados desde diferentes áreas de conocimiento (Fenstenmacher, 1986). Por tanto, es importante enfocar la relación entre ambos desde una perspectiva sistémica. Es más, los resultados de la investigación didáctica nos advierten que esta relación no puede visualizarse de forma aislada a la disciplina, que no puede analizarse vacía de contenidos (Hernández y Sancho, 1993, Grossman, Wilson y Shulman, 2005). Es así que la enseñanza de algo, requiere al menos tres componentes: 1)

## Los formadores de profesores: El desafío de enseñar enseñando

conocer y comprender ese algo (conocimiento disciplinar); 2) conocer los aspectos relacionados con la enseñanza y el aprendizaje (aportaciones de la didáctica) y 3) saber cómo enseñar ese algo a un grupo particular de alumnos, los propios.

En palabras de Vicente Talanquer (2004, p. 64): “En gran medida se asume que la fusión entre contenido y pedagogía se dará naturalmente en el aula. La amalgama, sin embargo, se concreta en casos contados.” Y más adelante agrega: “... la gran mayoría de los actuales y futuros docentes de química se beneficiarían si se les dieran más oportunidades para integrar su conocimiento y repensar y recrear la materia que enseñan.” En este sentido, se nos plantea entonces la cuestión sobre cómo debería enseñarse química a un alumno que se está formando como profesor de química o cómo llevar adelante la capacitación de profesores en servicio.

Teniendo presentes las ideas que mencionáramos anteriormente, nos acercaremos al análisis de la relación entre la enseñanza y el aprendizaje mientras desarrollaremos una idea más general que tiene que ver con la formación y capacitación de profesores y la necesidad de “enseñar enseñando”. O sea, que en todo momento, el profesor de profesores debe modelizar una clase donde al mismo tiempo en que se imparten los contenidos disciplinares, la forma de enseñarlos resulte coherente con la propuesta didáctica. Es decir, enseñar haciendo lo que generalmente se dice que debe hacerse. Pero además en un curso para el profesorado, convendría que los y las estudiantes intentaran identificarse con los diferentes roles que deberían estar presentes durante su formación profesional para lograr una adecuada reflexión del accionar docente. Por un lado, el rol de alumno que ellos mismos desempeñan en esas instancias formativas particulares, pero además, como alumno en un sentido más general. Es decir, tratando de dilucidar qué pensaría un alumno de cualquier curso sobre el tema, sobre tales o cuales cuestiones. Por el otro, deberían al mismo tiempo, visualizarse a sí mismos como profesores (de química en nuestro caso) para poder reconocer en las actuaciones de sus propios profesores sus diversos estilos docentes, estrategias, aciertos y errores, intentando imaginarse al frente de una clase enseñando esos temas a sus alumnos.

En este trabajo presentaremos algunas ideas específicas para la enseñanza de la química para el profesorado de química, pero creemos que muchas de ellas también resultarán de utilidad para la enseñanza de la química en todos los niveles, tanto en la escuela secundaria como en los cursos universitarios. Detallaremos aquí un nuevo encuadre teórico para la descripción y el análisis de la práctica de aula en clases de formación y capacitación de profesorado de química, a la vez de proporcionar elementos útiles para revisar las prácticas y proponer nuevas estrategias de intervención para enseñar enseñando. Todas estas ideas y aportaciones teóricas se condensan en un modelo original al que denominamos BiPiT (acrónimo de BiPirámide Trigonal). Los ejemplos que se mencionan más adelante fueron tomados a través del trabajo de campo realizado en los diferentes niveles del sistema educativo, que como se verá reflejan una problemática compartida más allá de los límites territoriales.

## 2. El modelo BiPiT para la formación y capacitación del profesorado de Química

En el mundo laboral actual, se acepta sin discusión la necesidad de capacitación permanente y continua de sus profesionales (Más Torello, 2011). Sin embargo, en el campo de la profesión docente, este es un tópico de debate y hasta de posicionamientos encontrados. Por ello, compartimos con Tejada Fernández (2009) la necesidad de concreción de una familia

## Los formadores de profesores: El desafío de enseñar enseñando

profesional donde se establezcan las competencias profesionales correspondientes al perfil docente de acuerdo con las funciones que han de desempeñar los profesores en los distintos niveles del sistema educativo.

En todo caso, cuando estamos con nuestros estudiantes dando clase, cuando les explicamos o les pedimos algo, puede ocurrir que nos sintamos frustrados al darnos cuenta que no logran interpretar lo que les hemos dicho o al menos no lo hacen de la manera en que nosotros esperaríamos que lo hiciesen (Lorenzo, Salerno y Blanco, 2009). No es sencillo imaginar todas las posibles repercusiones de nuestras explicaciones en el pensamiento de nuestros estudiantes como lo muestra la divertida imagen de Kleiman publicada por Gillespie (1997) en el *Journal of Chemical Education* (figura 1). Sin embargo, a pesar de la gran heterogeneidad de ideas previas que ellos puedan activar durante las clases, resulta perentorio al menos intentar lograr un consenso respecto a los tópicos específicos de la asignatura que impartimos.

Figura 1. *¿En qué piensan nuestros alumnos mientras les explicamos?*



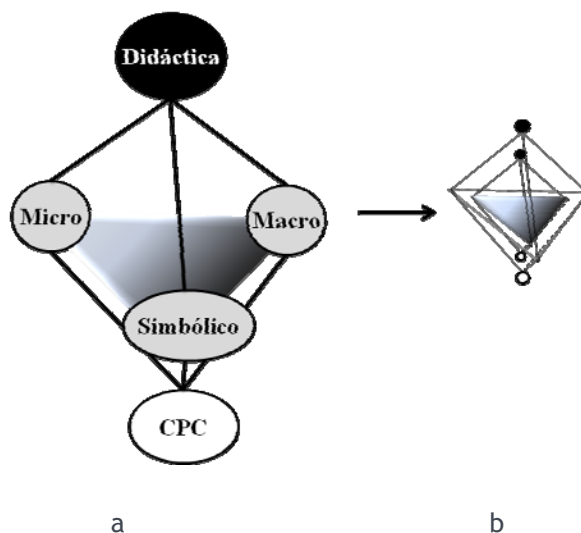
Asumiendo una concepción de la docencia como actividad profesional (Tejada Fernández, 2009, Zabalza, 2007a y b) y teniendo en cuenta que enseñar es un acto intencional que requiere de nuestra voluntad, nuestra obligación como docentes es intentar comunicarnos con nuestros alumnos y alumnas para poder construir conceptos compartiendo su significado (Coll y Onrubia, 1996, Edwards y Mercer, 1994). Es decir, que “ellos”, nuestros alumnos, comiencen a compartir los conocimientos de nuestro mundo “el mundo de los profesores”, acercándonos al de los expertos de la disciplina. Pero además, en una clase para profesores (futuros o en servicio), los estudiantes (que son o pretenden ser docentes) no sólo deberían aprender “contenidos curriculares” (teoría atómica, tabla periódica, paradigma de Khun, transposición didáctica) sino que deberían discutir las problemáticas a las que se enfrentarán en su ejercicio profesional. Por ello, debemos diferenciar entre planificar una clase para alumnos de secundaria, de una para alumnos que en un futuro próximo ejercerán su profesión de profesores, o para aquellos que ya se encuentran en actividad.

La complejidad de los aspectos que creemos imprescindibles para comenzar a reflexionar y para enseñar sobre “la enseñanza de la química” lo resumimos en el modelo que se describe a continuación (figura 2). En este modelo intentamos condensar, por un lado el conocimiento de la propia disciplina, la química, con sus características particulares; por otro, el conocimiento que otras áreas del conocimiento, como la psicología o las ciencias de la comunicación, abonan la enseñanza de la química; y, por último, el conocimiento

## Los formadores de profesores: El desafío de enseñar enseñando

pedagógico del conocimiento químico que determina las competencias de un profesor de química. Imaginamos estos tres elementos combinados en una figura geométrica, una bipirámide trigonal o de base triangular), a la que denominamos BiPiT.

Figura 2. a) El modelo BiPiT, b) Crecimiento del cristal del CDC químico, crecimiento del BiPiT



La idea central de esta propuesta surgió como una analogía química basándonos en los procesos de cristalización: así como un cristal pequeño de dicromato de potasio crece pacientemente en el recipiente para nuestra admiración, así el pequeño cristal incipiente al inicio de la formación como docentes, aumentará su tamaño a medida que el docente se capacita y perfecciona a lo largo de su carrera profesional. Finalmente, como una preciosa gema, el profesor experimentado podrá ostentar orgulloso un enorme y reluciente cristal BiPiT.

A continuación detallaremos cada uno de los elementos que componen el modelo para comprender las razones que justifican al BiPiT como una característica propia de los profesores de química.

### 2.1. El conocimiento disciplinar: La naturaleza de la Química

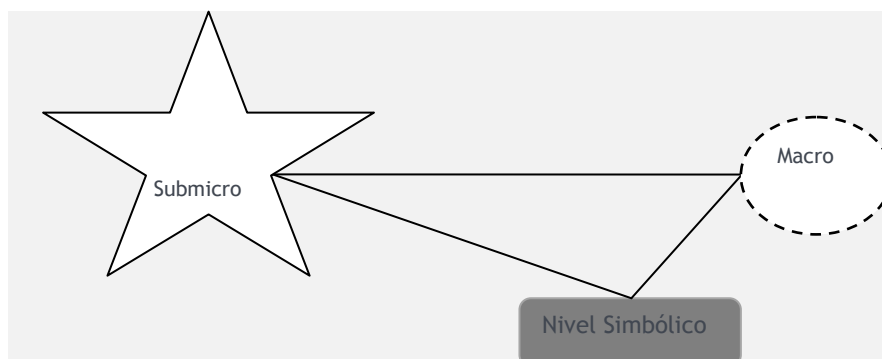
La química es una ciencia que combina los sentidos, el intelecto y la imaginación. Se apoya de manera muy importante en la experimentación en el laboratorio, aunque la naturaleza de los experimentos haya ido cambiando con el tiempo. En un principio eran las decocciones en simples recipientes de vidrio que permitían observar a simple vista los cambios en la materia que se estudiaba (Aragón de la Cruz, 2004); ahora además de las técnicas más tradicionales, se añaden los sofisticados instrumentos y equipos informáticos que informan a través de números y rayas sobre la invisible estructura de la materia.

A pesar de los grandes progresos obtenidos en el campo de la investigación en química, la mayoría de los cuales nos permite vivir en un mundo con nuevos materiales, medicamentos, alimentos y tantos otros beneficios, la química que se enseña en las escuelas y en gran parte de las carreras universitarias hoy en día, no es muy diferente de la que se enseñaba a mediados del siglo XX porque siempre ha sido un problema articular los avances

en el campo científico con el trabajo en el aula. Por ello, a pesar que se han hecho numerosos intentos por hacer explícita la naturaleza de la química (Schummer, 1998, Farré y Lorenzo, 2012, Weininger, 1998) y los beneficios de su incorporación al currículum, es un aspecto pendiente en la enseñanza de la química (Lombardi y Labarca, 2007, Wu, Krajcik y Soloway, 2001). Un posible camino para que los docentes comprendan la naturaleza de la química, y puedan posteriormente enseñarla, es tomar como base el ya clásico modelo de Alex Johnstone (1982, 1993, 2000) de gran utilidad desde el punto de vista didáctico que ha sido ampliamente discutido y reinterpretado por numerosos autores (Gilbert, 2005, Talanquer, 2011).

Según nuestra perspectiva, el triángulo de Johnstone, se puede considerar como un modelo sencillo que intenta resumir de un modo simplificado y didáctico, la complejidad de la naturaleza de la química. A pesar de las limitaciones que puedan atribuírsele, resulta un instrumento muy poderoso, productivo y muy extendido tanto para la enseñanza como para la investigación en didáctica de la química (Talanquer, 2011). Brevemente, el famoso modelo del triángulo señala que la química puede ser descripta bajo tres formatos o niveles de pensamiento químico diferentes (figura 3): macroscópico, submicroscópico y simbólico. Cada uno de estos niveles de pensamiento se rige por un conjunto de reglas y supuestos, más o menos conscientes para los expertos en la disciplina, pero mayormente implícitos para los estudiantes. De allí la importancia de clarificar sus peculiaridades y hacerlas explícitas a la hora de enseñar química. Esto nos lleva a una cuestión clave que radica en cómo asegurar una adecuada formación disciplinar de los profesores que pueda ser luego transpuesta en conocimiento enseñado en sus futuras clases.

Figura 3. Niveles del pensamiento químico (Lorenzo, 2008a)



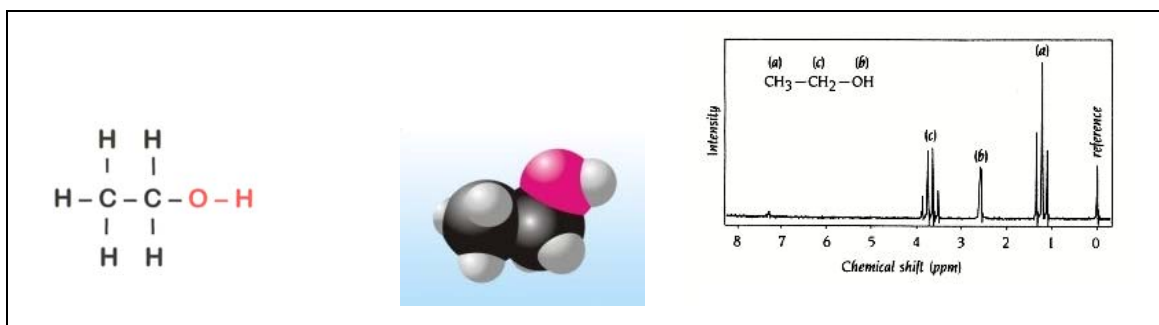
Sin profundizar en el debate sobre cada uno de los vértices y a modo de sustentar nuestro modelo pedagógico para la formación y capacitación de profesores de química, diremos que el nivel macroscópico hace referencia a aquellos fenómenos que podemos percibir a través de nuestros sentidos, que podemos ver, oler y tocar; por lo tanto, cercano a la experiencia cotidiana de las personas y origen de numerosas concepciones sobre la Química (Nakhleh, 1992, Pozo y Gómez Crespo, 1998 y 2005). Es la química a la que podemos acceder, por ejemplo en las prácticas de laboratorio y con la que han fantaseado los cuentos y las películas creando un mundo lleno de humos, colores y una cierta y peculiar “forma de ser” de los químicos. A este vértice se le incorporan hoy en día las descripciones que de un modo indirecto aportan las nuevas tecnologías como por ejemplo los datos espectroscópicos (Talanquer, 2011). Por su parte, el vértice correspondiente al nivel micro, o más estrictamente submicroscópico de la química intenta explicar los fenómenos del mundo natural o dar sentido a las observaciones provenientes de la macroquímica, es un mundo



hecho de moléculas y átomos y de leyes que los gobiernan (Francoeuer, 2000) que constituyen la realidad química invisible (del Re, 2000), con una entidad ontológica propia (Labarca, 2009).

Por último, el pensamiento químico se completaría con un tercer nivel que complementa y vincula a los otros dos y permite hablar sobre ambos: el nivel simbólico de notaciones y fórmulas, también llamado representacional. Este nivel simbólico es extremadamente rico y variado, donde existen diferentes modos de representación (dibujos, gráficos, kits de modelos, recursos computacionales, ecuaciones matemáticas, fórmulas químicas, entre otros ejemplos) que permiten el análisis y la producción de nuevo conocimiento químico (Treagust y col., 2003). En este nivel simbólico, el lenguaje de la química desempeña un papel trascendental permitiendo la predicción teórica de nuevas sustancias que podrán ser posteriormente sintetizadas, aisladas, purificadas, caracterizadas e identificadas en el laboratorio de química o viceversa (Jacob, 2001). Por ejemplo, para referirnos a una sustancia tan conocida como el etanol (alcohol común), podemos utilizar distintos formatos representacionales algunos de los cuales se muestran en la figura 4.

Figura 4. *Diferentes representaciones para el etanol o alcohol etílico*



Cada uno de ellos da cuenta de diferentes aspectos de la sustancia pero podrían considerarse “sinónimos” para los químicos expertos; es decir, para un químico, cualquiera de estos modos de representación remite (inevitablemente) a los otros. En cambio, para los alumnos, novatos en el estudio de la disciplina, cada forma particular constituiría un desafío en sí mismo. Nuestras investigaciones sobre el uso de diferentes sistemas representacionales en química en el nivel universitario han puesto de manifiesto que los estudiantes tienen dificultades para interpretar los distintos tipos de representaciones, cambiar de unos a otros (traducción) y seleccionar el tipo de representación más apropiado al caso particular (Lorenzo y Pozo, 2010, Pozo y Lorenzo, 2009).

## 2.2. El conocimiento pedagógico y didáctico: Aportes de la investigación en Didáctica de las Ciencias

En los últimos años, la investigación didáctica nos muestra un cambio de paradigma en cuestiones de enseñanza. El centro de la clase ya no es el profesor, que responsablemente nos dice “yo se los di”, sino que actualmente el interés está puesto en los aprendizajes que efectivamente los alumnos y las alumnas puedan alcanzar, o como resume el investigador español Miguel Zabalza (2007b) en la frase “the shift from teaching to learning”. Sin embargo,

## Los formadores de profesores: El desafío de enseñar enseñando

muchas veces podemos leer en artículos sobre enseñanza de las ciencias quejas sobre el poco impacto de los resultados de la investigación en la práctica docente (Gil y Pessoa, 2000).

Una posible razón para esta baja efectividad de los resultados de las investigaciones en las didácticas específicas para ser implementados en el aula, podría deberse a que los problemas de enseñanza y de aprendizaje de la química se ubican en un terreno pantanoso de reciente y resistida colonización por parte de lo químicos. Gran parte de las dificultades de los estudiantes para aprender química se debe a cuestiones que son estudiadas por otros campos de conocimiento como la psicología o las ciencias de la comunicación. Así, aspectos generales estudiados por la psicología del aprendizaje como la memoria o la motivación (Huertas, 1999); o por expertos en discurso para el análisis del habla en contextos educativos (Cazden, 1991, Lemke, 1997, 2002) directa o indirectamente brindan información útil para pensar sobre la enseñanza de la química. Pero sumado a estas aportaciones, que podríamos llamar generales sobre el aprendizaje, la didáctica de las ciencias ha abordado estudios específicos sobre cada uno de los niveles del triángulo descrito anteriormente, formando así una de las pirámides del modelo BiPiT.

Uno de los temas con mayor desarrollo, son las investigaciones sobre las ideas previas y las teorías implícitas de los estudiantes (Pozo, Pérez Echevarría, Sanz y Limón, 1992) a veces como concepciones alternativas, algo más suave que las misconceptions en idioma inglés. El origen de estas ideas puede encontrarse en el mundo fenomenológico observable de la química, pero también, y no de manera menos importante, en el mundo escolar, ya sea por “interpretaciones alternativas” a las explicaciones en clases de química, o (hay que reconocerlo) a “explicaciones alternativas” de los propios profesores dado que no son pocas las investigaciones que muestran que las concepciones de los profesores no difieren demasiado de las de los alumnos (Pintó, Aliberas y Gómez, 1996, Pozo, 1993, Zoller, 1990).

Con respecto a la enseñanza experimental de la química, no basta con llevar a los alumnos al laboratorio para que hagan “experimentos” (Hodson, 2005, Nakhleh, Polles, y Malina, 2002, Reid y Shah, 2007), porque los procesos cognitivos necesarios para poder observar, recolectar datos, analizar y organizar la información, interpretar los resultados y elaborar conclusiones, exigen un aprendizaje particular que justifican las diferencias encontradas entre los alumnos (novatos) con los expertos en química puesto que, lo que cada uno es capaz de observar depende de sus conocimientos previos, del propio “filtro perceptivo conceptual” (Furió y Furió, 2000). Parte de nuestras investigaciones han puesto de manifiesto las dificultades de los estudiantes para “observar” en el laboratorio, para adquirir ese “ojo químico”, para recolectar datos apropiadamente y poder luego interpretarlos (Lorenzo, Reverdito, Blanco y Salerno, 2012). Por tanto, estos requerimientos para el aprendizaje en contextos complejos como los laboratorios deberían ser tenidos en cuenta en la planificación de la enseñanza (Seré, 2002). Otros procesos cognitivos que dificultan la comprensión de los alumnos son las recurrencias a estrategias funcionales como la fijación y la reducción. La primera, lleva a los estudiantes a elaborar resultados correctos por caminos inadecuados o sin sentido (para el alumno), para responder lo que queremos oír. La segunda, es que consideran sólo algunas de la totalidad de variables o causas que provocan tal o cual fenómeno y consecuentemente la interpretación resulta pobre o hasta incorrecta, predominando una visión realista ingenua.

Una vez filtrada, la información perceptual que recibimos desde el mundo exterior debe ser procesada internamente, para poder ser luego comunicada. En este punto, aparece como requisito ineludible el lenguaje, el uso de la palabra, muchas veces una mezcla de



lenguaje coloquial y técnico para referirnos a lo que observamos, lo que pensamos, o lo que hacemos. El lenguaje químico, constituye un discurso particular con sus propias reglas, y es un contenido más (o debería serlo) de los programas de química (Mortimer y col., 1998). En general, un profesor experimentado suele variar el lenguaje utilizado durante el transcurso de su explicación de modo que los alumnos puedan ir construyendo los significados del vocabulario técnico específico a la par de los significados de los conceptos químicos involucrados.

Pero en el lenguaje químico, las palabras no son suficientes. Se requiere del lenguaje de las fórmulas para referirnos a las entidades de la submicroquímica. Para los profesores de química, familiarizados con este lenguaje simbólico les resulta hasta clarificador el poder representar los conceptos de esa manera; pero los alumnos suelen tener dificultades para interpretar y expresarse en el lenguaje de la química, aunque en general utilicen el lenguaje técnico apropiado lo hacen sin comprender cabalmente sus significados (Lorenzo y Schapira, 2000). Además, el uso que se hace del lenguaje matemático los lleva a perder de vista los aspectos más cualitativos de la química para centrarse sólo en lo cuantitativo.

En definitiva, tanto las disciplinas metacientíficas como aquellas de naturaleza más social y humana, han abordado el problema de las ciencias como la química desde distintas perspectivas. Los resultados de las investigaciones en estos campos del saber no pueden desconocerse y han de contribuir grandemente a la de la enseñanza y el aprendizaje de la química.

### 2.3. El Conocimiento Didáctico del Contenido

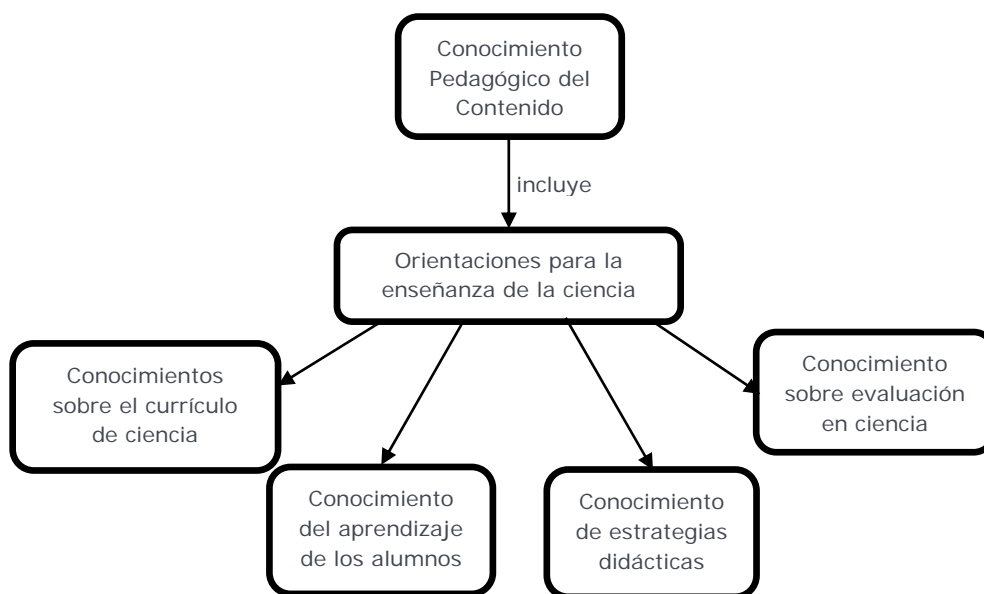
Basándonos en un modelo de enseñanza para la comprensión deberíamos estar conscientes de aquello que consideramos importante para que nuestros estudiantes aprendan, de las dificultades de los contenidos, de las estrategias de enseñanza más adecuadas y de diversos modos de evaluar los aprendizajes y la comprensión. Estos y otros aspectos quedan comprendidos en el programa de investigación conocido como Conocimiento Didáctico del Contenido (CDC, Pedagogical Content Knowledge, PCK) (una breve reseña puede verse en Farré y Lorenzo, 2009). La desconexión entre lo disciplinar y lo pedagógico cobró fuerzas a finales del siglo XX al ser reconocido como el paradigma perdido de la investigación sobre la enseñanza cuando Lee Shulman (Shulman, 1986) hacía referencia a los cambios en los estándares de evaluación docente en Estados Unidos, indicando que se había pasado de un énfasis en el contenido disciplinar a una falta del mismo en evaluaciones que sólo se enfocaban en lo estrictamente pedagógico. En pocas palabras, el Programa del CDC se preocupa por la relación entre el contenido disciplinar y la pedagogía para penetrar en el conocimiento requerido para poder enseñar cierto tema, y así, mejorar la enseñanza de las ciencias con el propósito de incidir positivamente en el aprendizaje de los estudiantes (Abell, 2008).

En un sentido amplio, podríamos definir al CDC como una amalgama entre el conocimiento disciplinario y la pedagogía, como un conocimiento que le permite al profesor desarrollar con éxito su tarea de enseñar eligiendo analogías, ejemplos y demostraciones que resulten mejores y más efectivos para un determinado grupo de alumnos (Garritz y Trinidad Velazco, 2004).

Desde su propuesta inicial hasta ahora, el CDC se ha desarrollado y cambiado y muchos investigadores han aportado sus resultados para poder explicar y modelizar este conocimiento docente (Barnett y Hodson, 2001). Este programa tiene la ventaja de que los resultados de las investigaciones en esta área de conocimiento pueden ser rápidamente trasladados a las aulas, sirviendo como andamiaje al planificar nuestra práctica teniendo en cuenta lo que otros docentes conocen sobre tal o cual tema (Bucat, 2004). El CDC contribuyó con una visión más completa del conocimiento de los profesores al relacionar la práctica en el aula, los contenidos disciplinares y el contexto (Gess Newsome, 1999).

Uno de los modelos más difundidos del CDC ha sido el de Grossman (1990) que plantea la interrelación entre tres tipos de conocimientos: el conocimiento sobre el contenido, los conocimientos pedagógicos (generales) y los conocimientos del contexto. Posteriormente, se reconoció una naturaleza aún más compleja para el CDC, llegando a considerarse integrado por cinco tipos de conocimiento (Magnusson, Krajcik y Borko, 1999) que incluirían orientaciones para la enseñanza de la ciencia, conocimientos y creencias sobre el currículo de la ciencia, sobre el aprendizaje de los alumnos de temas específicos de ciencia, sobre evaluación en ciencia y sobre estrategias didácticas en la enseñanza de la ciencia (figura 5).

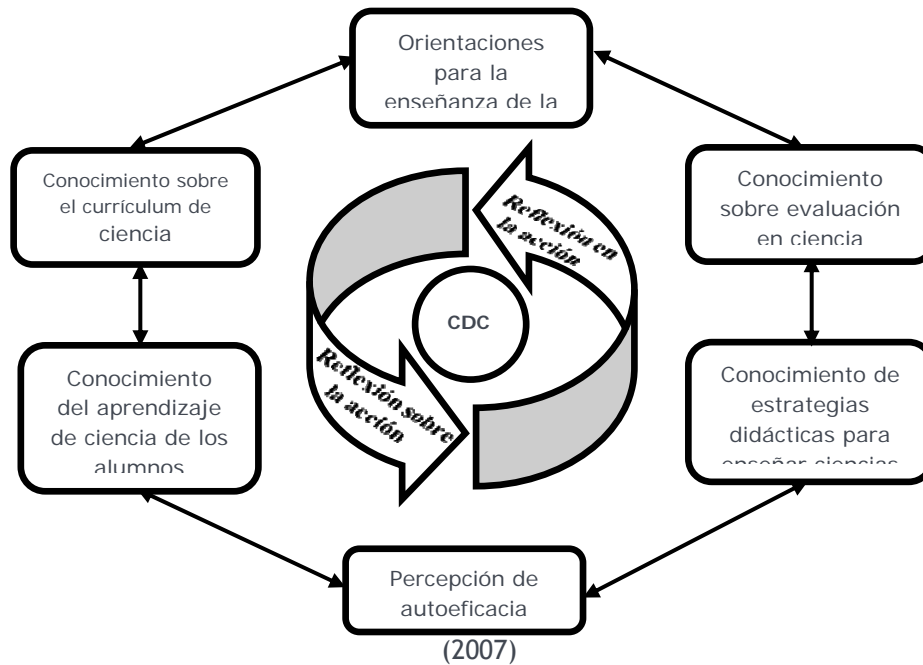
Figura 5: Componentes del CDC según Magnusson, Krajic y Borko (1999)



Por su parte, Park y Olivier (2007) incorporaron un nuevo dominio de conocimiento a los cinco inicialmente propuestos por Magnusson, Krajcik y Borko (1999), la percepción de autoeficacia (figura 6). Este nuevo dominio tiene una dimensión fundamentalmente afectiva dado que consiste en las percepciones y las creencias que el docente tiene sobre su propia habilidad para desempeñarse con éxito en la enseñanza de determinados temas con determinadas estrategias. Por lo tanto, para estos autores el modelo que mejor describe al CDC no sólo representa el entendimiento docente sino la forma en que este entendimiento se actúa y se modifica en el aula. Es decir que el CDC se genera a partir de las interrelaciones contextualizadas de seis dominios de conocimiento mediante la reflexión sobre la práctica que se tiene al planificarla y la reflexión en la práctica que sale a la luz al evaluarla metacognitivamente. Según este modelo los profesores no solamente somos receptores pasivos de información sino que creamos conocimiento a partir de esta información y de

nuestras propias experiencias y esta es una característica fundamental que tenemos y que nos hace profesionales y no meros ejecutores de recetas pre-elaboradas por investigadores.

Figura 6: Modelo hexagonal del conocimiento pedagógico del contenido de Park y Oliver



Con respecto a la dimensión afectiva, más ligada a lo emocional que a lo cognitivo, ha cobrado recientemente interés entre algunos investigadores que intentan determinar si esta dimensión constituye un dominio adicional en la constitución del CDC (Garritz, 2009) o más bien actúa como filtro o catalizador de cada uno de los dominios descritos por Park y Oliver (Mellado y col., 2009).

El CDC es entonces, un conocimiento particular que se genera gracias a la transformación de los dominios de conocimientos, entre los cuales el conocimiento disciplinar representa un rol central. Las categorías se aplican simultáneamente a los problemas de la práctica en el aula originando entonces un nuevo conocimiento, el cual es dinámico y varía según nuestro profesionalismo docente.

Pero lo más interesante de este conocimiento (el CDC), según nuestra opinión, es su impacto o poder transformador sobre cada uno de los dominios discretos de conocimiento. Por ejemplo, si recordamos aquellas primeras veces en que debimos explicarle algo que sabíamos a alguien (tal vez un compañero), en el mismo momento de explicar, a veces sucedía que “nos dábamos cuenta” de algún aspecto que hasta ese momento había permanecido oculto. Desde ese momento, el conocimiento que poseíamos, ya nunca volvería a ser el mismo. Es decir, al explicar, al organizar la información para comunicársela a otro, en este caso, reestructuramos nuestro conocimiento sobre el contenido. Por eso, cuando un conocimiento interviene en nuestra construcción del CDC para enseñarlo, al mismo tiempo, lo estamos transformando. Del mismo modo podríamos referirnos a tal o cual estrategia didáctica aprendida en un curso de capacitación o sobre el funcionamiento de ciertas reglas institucionales, al intervenir en la formación del CDC también se modificaría. En definitiva, el CDC es un conocimiento práctico, es un conocimiento en acción, que crece con nuestro propio crecimiento.

Otra corriente teórica de mucho impacto en los últimos años, fundamentalmente en Europa como consecuencia de los cambios propuestos en el marco de la Convergencia Europea, es la de las Competencias. Las definiciones del término son variadas aunque podríamos resumirlas como el conjunto de conocimientos, saber hacer, habilidades y actitudes que permiten a los profesionales desempeñar y desarrollar roles de trabajo en los niveles requeridos para el empleo, son las funciones que los graduados habrán de ser capaces de desarrollar como fruto de la formación que se les ofrece (Tejada Fernández, 2009).

Si bien la bibliografía parece referirse principalmente a los estudiantes, no debemos olvidarnos que los profesores, que transitan un camino de permanente aprendizaje, también han de ser competentes (Zabalza, 2007a). Entre las competencias de los profesores, el CDC ocupa un lugar trascendental entre las competencias fundamentales de los profesores. Es decir, para ser un buen profesor, para ser competente como profesor, habrá que disponer de un CDC lo más completo y variado posible.

Así el desafío como profesores de química será confluir los conocimientos de química y de la didáctica (nuestra primera pirámide), en un conocimiento útil para llevar al aula, en nuestro caso particular, deberíamos alcanzar el Conocimiento Pedagógico del Contenido Químico (de Jong y col., 2002) (nuestra segunda pirámide, completando así nuestro BiPiT).

### **3. Algunos ejemplos de práctica: El programa Ciencia Entre Todos (CET) y el Modelo de Integración Multinivel (MIM)**

Sin diferencias territoriales, la alfabetización científica de la población en general y la formación académico-científica de los profesores de nivel medio, en particular, son parte de los grandes problemas que afectan a la sociedad actual en relación con la educación científica (Imbernón, 1994). La tendencia mundial de estos tiempos indica que cada vez son menos los estudiantes de nivel secundario que se deciden por carreras de corte científico. Esto repercute negativamente en el desarrollo de la ciencia. Por un lado, en una deficiente alfabetización científica de la población que restringe por tanto, las posibilidades de los individuos de comportarse como ciudadanos comprometidos con el cuidado de la salud y del ambiente o el uso apropiado y responsable de la tecnología, por ejemplo. Por otro, en la formación de nuevos científicos que no encuentra jóvenes dispuestos a comprometerse con la empresa científica, imprescindible para el desarrollo y el avance de un país.

A nivel internacional se intenta promover la jerarquización de la profesión docente y para ello, la participación de centros universitarios como responsables de la formación inicial y posterior capacitación adquiere cada vez mayor importancia. Por otra parte, debemos aceptar que la incorporación de nuevos científicos al sistema exige comenzar con una educación científica a edades tempranas. Para ello, como hemos comentado anteriormente, es necesario que los profesores de escuela media sepan transmitir una visión motivadora de la ciencia y se encuentren adecuadamente preparados para hacerlo. Para ello se requiere desarrollar las capacidades y los conocimientos necesarios para el trabajo docente, así como también incentivar la investigación y la innovación educativa vinculadas con las tareas de enseñanza, la experimentación y la sistematización de propuestas (Talanquer, 2004). De este modo, la universidad debe afrontar las posibilidades de crecimiento y desarrollo de la profesionalización de la carrera docente comprometiéndose con la actualización y capacitación permanente de los profesores en actividad.

## Los formadores de profesores: El desafío de enseñar enseñando

Particularmente en Argentina, no suelen ser muchos los interesados en estudiar para convertirse en profesores de química. En general, la formación de los profesores y las profesoras de química se realiza primordialmente en Institutos Superiores de Formación Docente (ISFD) sin una vinculación concreta y formal con las universidades o en algunos pocos centros universitarios. Esto hace que mayormente, los futuros profesores de química tengan muy poco o ningún contacto con los laboratorios de investigación, lo que implica que su conocimiento sobre el desarrollo de la química, los procesos científicos, los condicionamientos de la investigación, el trabajo experimental, suele ser muy escaso cuando no, distorsionado. En el caso de incluirse trabajos prácticos de laboratorio, estos generalmente adoptan una estructura tipo receta, ya clásica en los perdurables escenarios positivistas, o por el contrario asumen una metodología de la superficialidad en aquellas propuestas que pretenden innovar desde el descubrimiento.

Con respecto a la formación de los docentes universitarios, ocurre todo lo contrario. Se basa en una fuerte formación disciplinar y se valora especialmente la producción científica, dejando la formación pedagógica en manos de los propios interesados, lo que hasta ahora representa una baja proporción de docentes y sobre todo los que participan de dispositivos formativos pertenecen en su mayoría a las categorías más bajas y por tanto, con escaso poder de decisión.

Teniendo en cuenta esta problemática, y fundamentalmente para abordar la formación en servicio de profesores (Bolívar, 2005, Vázquez, Jiménez y Mellado, 2007) se trabajó en el marco del programa Ciencia entre Todos (Lorenzo, 2006, 2008b) que brinda una alternativa a la formación inicial y permanente de los profesores a partir del trabajo mancomunado de docentes y estudiantes de nivel universitario con los de los institutos de formación del profesorado. El Modelo de Integración Multinivel (MIM) (Lorenzo, 2008c) propone e insiste en el trabajo cooperativo entre sus integrantes, garantizando los espacios de expresión para todas las voces, el consenso y el disenso, en un ambiente de permanente respeto. En estos espacios, los y las docentes y estudiantes no universitarios tienen participación en diferentes instancias formativas junto con sus pares universitarios: proyectos de investigación científica (en química y/o en didáctica de la química, y en otras ciencias naturales), trabajos en el laboratorio, bibliotecas, conferencias, entre otras actividades que se desarrollan. El MIM se fundamenta en la acción conjunta y coordinada de docentes de diferentes niveles del sistema educativo pertenecientes a diferentes centros, que colaboraran activamente en un equipo para la implementación de un proyecto común. En este esquema, las diversas actividades pueden ser propuestas por cualquiera de los participantes para ser sometidas al análisis y a la discusión del equipo. Luego, aquellas que hayan logrado el establecimiento del consenso pasarán a la etapa de implementación. De este modo, se fortalece la formación de los profesores de nivel terciario y de los futuros profesores de secundaria, apoyando innovaciones para mejorar la calidad de la escuela secundaria, con un enfoque integrador que incida en la alfabetización científica de toda la comunidad escolar.

Como hemos señalado la articulación de los conocimientos de la investigación didáctica con la enseñanza de las ciencias naturales y de cada disciplina en particular es un aspecto central en la capacitación de los profesores. Es por ello que creemos que este modelo favorece el aporte de los investigadores en didáctica de las ciencias de un modo que resulta más relevante y significativo, sirviendo de nexo entre el nivel experto de construcción de la ciencia y el recorte de contenidos para ser enseñados en la escuela, de modo que permita reconstruir el conocimiento científico y lograr una comprensión genuina por parte de los y las profesores/as en primera instancia y finalmente en los y las alumnos/as,

distinguiendo entre el conocimiento personal, educativo y científico, sabiendo diferenciar los procedimientos necesarios para hacer ciencia, de los necesarios para aprender ciencia. Respondiendo a una de las primeras inquietudes planteadas en este artículo intentamos llenar ese vacío en la formación de los formadores, los profesores de profesorado, proponiendo nuevas estrategias para generar un espacio de formación cooperativa y superadora.

#### 4. Conclusiones y reflexiones finales

Hasta aquí hemos intentado profundizar en la problemática de la enseñanza de la química en tres niveles inclusivos cual muñecas rusas: la enseñanza de la química para los formadores de profesores, la enseñanza de la química para los profesores de química y la enseñanza de la química para los alumnos de secundaria o de carreras universitarias que la incluyan. Algunos de los aspectos que hemos comentado, como los niveles representacionales de la química propuestos por Johnstone, nos ilumina sobre todos ellos, mientras que el MIM, nos brinda un marco potente para la formación permanente y continua de los formadores en instancias poco comunes para ese colectivo docente.

Hemos intentado además, transitar por el camino medio donde confluyen los saberes de la química, los saberes de las ciencias sociales relacionados con la enseñanza y el aprendizaje y los saberes que emanan y condicionan la práctica docente. Creemos que la profesión docente es un camino de ida, de aprendizaje continuo, de enriquecimiento constante, y mientras lo transitamos veremos como nuestro pequeño cristal BiPiT crece día a día.

La formación de profesores es un aspecto clave para lograr una educación de calidad en todas las áreas de conocimientos. Esta formación nos exige replantearnos los propósitos y los métodos utilizados hasta ahora en busca de nuevas y mejores alternativas. La formación de profesores, el gran desafío.

#### Agradecimientos

La investigación y redacción de este artículo fue realizado con el financiamiento recibido a través de los siguientes subsidios: UBACYT B-20020100100010, UBANEX Bicentenario. 32700/2010 y PIP (2010-2012): 11220090100028.

#### Referencias Bibliográficas

- Abell, S. K. (2008). Twenty Years Later: Does pedagogical content knowledge remain a useful idea? *International Journal of Science Education*, 30 (10), 1405-1416.
- Aragón de la Cruz, F. (2004). *Historia de la Química*. Madrid: Editorial Síntesis
- Barnett, J. y Hodson, D. (2001). Pedagogical Context Knowledge: Toward a Fuller Understanding of What Good Science Teachers Know, *Science Education*, 85 (4), 426-453.



## Los formadores de profesores: El desafío de enseñar enseñando

- Bolívar, A. (2005). Conocimiento didáctico del contenido y didácticas específicas. *Profesorado. Revista de currículum y formación del profesorado*, 9 (2), 1-39. Disponible en: <http://www.ugr.es/~recfpro/rev92ART6.pdf> [Consulta: 12/04/12]
- Bucat, R. (2004). Pedagogical content knowledge as a way forward: applied research in chemistry education, *Chemistry Education: Research and Practice*, 5 (2), 215-228.
- Cazden, C. B. (1991). *El discurso en el aula. El lenguaje de la enseñanza y del aprendizaje*. Barcelona: Paidós/MEC.
- Coll, C. y Onrubia, J. (1996). La construcción de significados compartidos en el aula: actividad conjunta y dispositivos semióticos en el control y seguimiento mutuo entre profesor y alumnos. pp 53-73. En: C. Coll y D. Edwards (eds.). *Enseñanza, aprendizaje y discurso en el aula. Aproximaciones al estudio educacional*. Madrid: Alianza Aprendizaje.
- de Jong, O., Veal, W. R., Van Driel, J. H. (2002). Exploring Chemistry Teachers' Knowledge Base pp. 369-390. En J. K. Gilbert y otros (Eds.), *Chemical Education: Towards Research-based Practice*, The Netherlands, Kluwer Academic Publishers.
- del Re, G. (2000) Models and analogies in science. *HYLE, International Journal for the Philosophy of Chemistry*, 6 (1), 5-15.
- Edwards, D. y Mercer, N. (1994). *El conocimiento compartido: El desarrollo de la comprensión en el aula*. Barcelona: Paidós.
- Farré, A. S. y Lorenzo, M. G. (2009). Conocimiento Pedagógico del Contenido: una definición desde la química, *Educación en la Química*, 15 (2), 103-113.
- Farré, A. y Lorenzo, M. (2012). De la construcción del conocimiento científico a su enseñanza. Distintas explicaciones sobre la estructura del benceno. *Educación Química*, XXIII (3), (en prensa).
- Fenstermacher, G. D. (1986). Tres aspectos de la filosofía de la investigación sobre la enseñanza pp. 149-177. En M.C. Wittrock (ed). *La investigación en la enseñanza. Tomo I*. Barcelona: Paidós, Educador.
- Francoeur, E. (2000). Beyond dematerialization and inscription. Does the materiality of molecular models really matter? *HYLE, International Journal for the Philosophy of Chemistry*, 6(1), 63-84.
- Furió, C. y Furió, C. (2000). Dificultades conceptuales y epistemológicas en el aprendizaje de procesos químicos, *Educación Química*, 11 (3), 300-308
- Garritz, A. (2009). Simposio: avances iberoamericanos del conocimiento didáctico del contenido. Parte I. Teoría y afectividad. *Enseñanza de las Ciencias*, Número Extra VIII Congreso Internacional sobre Investigación en Didáctica de las Ciencias, Barcelona, pp. 334-337. <http://ensciencias.uab.es/congreso09/numeroextra/art-334-337.pdf>
- Garritz, A. y Trinidad-Velasco, R. (2004). El conocimiento pedagógico del contenido, *Educación Química*, 15 (2), 98-101.
- Gess Newsome, J. (1999). Pedagogical content knowledge: An introduction and orientation. En J. Gess-Newsome, y N. G. Lederman (Eds.). *Examining pedagogical content knowledge*, (3-17) Dordrecht, The Netherlands: Kluwer.
- Gil, D. y Pessoa, A.M. (2000). Dificultades para la incorporación a la enseñanza de los hallazgos de la investigación e innovación en didáctica de las ciencias, *Educación Química*, 11(2), 250-257.
- Gilbert, J. (2005) Visualization: A metacognitive skill in science and science education, in: Gilbert, J. (Ed.), *Visualization in Science Education*, Dordrecht: Springer.
- Gillespie, R. J. (1997). The great ideas of chemistry. *Journal of Chemical Education*, 74 (7), 862-864.
- Grossman, P. L. (1990). *The making of a teacher: Teacher knowledge and teacher education*. New York: Teachers College Press.

## Los formadores de profesores: El desafío de enseñar enseñando

- Grossman, P., Wilson, S. y Shulman, L. (2005). Profesores de sustancia: El conocimiento de la materia para la enseñanza. *Profesorado. Revista de currículum y formación del profesorado*, 9 (2), 1-39. Disponible en: <http://www.ugr.es/~recfpro/rev92ART2.pdf> [Consulta: 12/04/12]
- Hernández, F. y Sancho, J. (1993). *Para enseñar no basta con saber la asignatura*. Barcelona: Gedisa.
- Hodson, D. (2005). Teaching and learning chemistry in the laboratory: A critical look at the research. *Educación Química*, 16 (1), 30-38.
- Huertas, J. A. (1999). Cultura del profesor y modos de motivar: A la búsqueda de una gramática de los motivos pp. 59-72. En: Pozo, J. I. y Monereo, C. (eds.). *El aprendizaje estratégico*. Buenos Aires: Santillana.
- Imbernón, F. (1994). *La formación y el desarrollo profesional del profesorado. Hacia una nueva cultura profesional*. Barcelona: Graò.
- Jacob, C. (2001). Analysis and Synthesis. Interdependent Operations in Chemical Language and Practice. *HYLE, An International Journal for the Philosophy of Chemistry*, 7(1), 31-50.
- Johnstone, A. (1982) Macro- and micro-chemistry. *School Science Review*, 64, 377-379.
- Johnstone, A. (1993). The development of Chemistry teaching. *Journal of Chemical Education*, 70 (9), 701-705.
- Johnstone, A. H. (2000). Teaching of chemistry- logical or psychological? *Chemistry Education: Research and Practice in Europe*, 1 (1), 9-15.
- Kane, R., Sandretto, S. y Heath, C (2002). Telling Half the Story: A Critical Review of Research on the Teaching Beliefs and Practices of University Academics. *Review of Educational Research*, 72 (2), 177-228.
- Labarca, M. (2009). Acerca de la naturaleza de la química: algunos comentarios. *Educación en la Química*, 15 (2), 12-23.
- Lemke, J. (1997). *Aprender a Hablar Ciencia. Lenguaje, aprendizaje y Valores*. Barcelona, España: Paidós.
- Lemke, J. (2002). Enseñar todos los lenguajes de la ciencia: palabras, símbolos, imágenes y acciones. En Benlloch, M. (comp.) *La educación en ciencias: ideas para mejorar su práctica*, Barcelona: Paidós.
- Lombardi, O. y Labarca, M. (2007) The philosophy of chemistry as a new resource for chemistry education. *Journal of Chemical Education*, 84 (1), 187-192.
- Lorenzo, M. G. (2006). Science by and for everyone: A transforming relationship between University and School. *TCE The Chemical Educator*, 11 (3), 214-217.
- Lorenzo, M. G. (2008a). Destilación fraccionada de ideas condensadas. Una invitación al debate sobre la naturaleza de la química. *Educación en la Química*, 14 (1), 17-24.
- Lorenzo, M. G. (2008b). Science By And For Everyone: A new approach for bridging the gap between secondary school and university. *Problems of Education in the 21st Century*, 9, 53-58.
- Lorenzo, M. G. (2008c). El modelo de integración multinivel para la formación en servicio del profesorado. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 7 (3), 597-613.
- Lorenzo, M. y Farré, A. (2009). El análisis del discurso como metodología para reconstruir el conocimiento didáctico del contenido. *Enseñanza de las Ciencias*, Número Extra, 342-345.
- Lorenzo, M. G., Farré, A. y Rossi, A. (2010). Teachers' discursive practices in a first organic chemistry course, en *Contemporary science education research: scientific literacy and social aspects of science (Book 5)* 13-22. ESERA: Estambul, Turquía.
- Lorenzo, M. G. y Pozo, J. I. (2010). La representación gráfica de la estructura espacial de las moléculas: eligiendo entre múltiples sistemas de notación. *Cultura y Educación*, 22 (2), 231-246.

## Los formadores de profesores: El desafío de enseñar enseñando

- Lorenzo, M. G., Reverdito, A., Blanco, M. y Salerno, A. (2012). Difficulties of undergraduate students in the organic chemistry laboratory. *Problems of Education in the 21st Century*, 42, (en prensa).
- Lorenzo, M. G. y Rossi, A. M. (2009). Análisis de las estrategias didácticas presentes en el discurso del profesor universitario de química orgánica. En M. A. Campos (Ed.), *Discurso, construcción de conocimiento y enseñanza*. (pp. 149-178) México: UNAM/Plaza y Valdés.
- Lorenzo, M. G., Salerno, A. y Blanco M. (2009) ¿Puede aprenderse química orgánica en la universidad presenciando una clase expositiva?. *Educación Química*, 20 (1), pp. 77-82.
- Lorenzo, M. G. y Schapira, C. (2000). Comprender la química en la universidad: Algo más que fórmulas. *Información Tecnológica*, 11 (5), 89-94.
- Magnusson, S., Krajcik, J. y Borko, H. (1999). Nature, sources, and development of the PCK for science teaching. En J. Gess-Newsome y N. G. Lederman (Eds.). *Examining pedagogical content knowledge*. (pp. 95-132). Dordrecht, The Netherlands: Kluwer.
- Más Torelló, O. (2011). El profesor universitario: sus competencias y formación. *Profesorado. Revista de currículum y formación del profesorado*, 15 (3), 195-211. Disponible en <http://www.ugr.es/~recfpro/rev153COL1.pdf> [Consulta: 26/03/12]
- Mellado, V.; Garritz, A. y Brígido, M. (2009). La dimensión afectiva olvidada del conocimiento didáctico del contenido de los profesores de ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, Número Extra VIII Congreso Internacional sobre Investigación en Didáctica de las Ciencias, Barcelona, pp. 347-351 <http://ensciencias.uab.es/congreso09/numeroextra/art-347-351.pdf>
- Mortimer, E., Chagas, A. y Alvarenga, V. (1998). Linguagem científica versus linguagem comum nas respostas escritas dos vestibulandos. *Investigações em Ensino de Ciências*, 3 (1), 7-19. Disponible en: <http://www.if.ufrgs.br/ienci/?go=artigos&idEdicao=10> [Consulta: 20/04/12]
- Nakhleh, M. B. (1992). Why some students don't learn chemistry. Chemical misconceptions. *Journal of Chemical Education*, 69 (3), 191-196.
- Nakhleh, M. Polles, J., and Malina, E. (2002) Learning chemistry in a laboratory environment, In: J. K. Gilbert, O. De Jong, R. Justi, D. Treagust. (eds). *Chemical Education: Towards Research-based Practice*, 47-68. Kluger Academic Publishers: The Netherlands.
- Park, S. y Oliver, S. (2007). Revisiting the conceptualisation of pedagogical content Knowledge: PCK as a conceptual tool to understand teachers as professionals. *Research in Science Education*, 38(3), 261-284.
- Pintó, R., Aliberas, J. y Gómez, R. (1996) Tres enfoques de la investigación sobre concepciones alternativas. *Enseñanza de las Ciencias*, 14 (2), 221-232.
- Pozo, J. I. (1993) Psicología y didáctica de las ciencias de la naturaleza ¿Concepciones alternativas? *Infancia y Aprendizaje*, 62-63, 187-204.
- Pozo, J. I. y Gómez Crespo, M. A. (1998). *Aprender y enseñar ciencia. Del conocimiento cotidiano al conocimiento científico*. Madrid: Morata.
- Pozo, J. I., y Gómez Crespo, M. A. (2005). The embodied nature of implicit theories: The consistency of ideas about the nature of matter. *Cognition and Instruction*, 23, 351-387.
- Pozo, J. I. y Lorenzo, M. G. (2009). Representing organic molecules: the use of chemical languages by university students (pp. 243-266). En C. Andersen, N. Scheuer, P. Pérez Echeverría, and E. Teubal (Eds.). *Representational systems and practices as learning tools in different fields of knowledge*. London: Sense Publishers.
- Pozo, J. I., Pérez Echeverría, M. P, Sanz, A. y Limón, M. (1992) Las ideas de los alumnos sobre la ciencia como teorías implícitas. *Infancia y Aprendizaje*, 57, 3-22.
- Reid, N. and Shah, I. (2007). The role of laboratory work in university chemistry. *Chemistry Education: Research and Practice*, 8 (2) 172-185. Available from: <http://www.uoi.gr/cerp>
- Schummer, J. (1998) The chemical core of chemistry I: A conceptual approach. *HYLE, International Journal for the Philosophy of Chemistry*, 4 (2), 129-162.

## Los formadores de profesores: El desafío de enseñar enseñando

- Séré, M. (2002). La enseñanza en el laboratorio. ¿Qué podemos aprender en términos de conocimiento práctico y de actitudes hacia la ciencia?, *Enseñanza de las Ciencias*, 20 (3), 357-368.
- Shulman, L. S. (1986). Those who understand: knowledge growth in teaching. *Educational Researcher*, 15, 4-14.
- Talanquer, V. (2004). Formación docente: ¿Qué conocimiento distingue a los buenos maestros de química?, *Educación Química*, 15(1), 52-58.
- Talanquer, V. (2011). Macro, submicro and symbolic: The many faces of the chemistry “triplet”. *International Journal of Science Education*, 33 (2), 179-195. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1080/09500690903386435> [Consulta: 12/01/12]
- Tamir, P. (2005). Conocimiento profesional y personal de los profesores y de los formadores de profesores. *Profesorado. Revista de currículum y formación del profesorado*, 9 (2), 1-39. Disponible en: <http://www.ugr.es/~recfpro/rev92ART3.pdf> [Consulta: 12/04/12]
- Tejada Fernández, J. (2009). Competencias docentes. *Profesorado. Revista de currículum y formación del profesorado*, 13 (2), 1-15. Disponible en <http://www.ugr.es/~recfpro/rev132COL2.pdf> [Consulta: 26/03/12]
- Treagust, D.F., Chittleborough, G. y Mamiala, T.L. (2003). The role of submicroscopic and symbolic representations in chemical explanations. *International Journal of Science Education*, 25(11), 1353-1368.
- Vázquez, B., Jiménez, R. y Mellado, V. (2007) El desarrollo profesional del profesorado como integración de la reflexión y la práctica. La hipótesis de la complejidad, *Revista Eureka*, 4 (3), 372-393.
- Weininger, S. J. (1998) Contemplating the finger: Visuality and the semiotics of chemistry. *HYLE, International Journal for Philosophy of Chemistry*, 4 (1), 3-27.
- Wu, H. K., Krajcik, J. S., & Soloway, E. (2001) Promoting understanding of chemical representations: students' use of a visualization tool in the classroom. *Journal of Research in Science Teaching*, 38, 821-842.
- Zabalza, M. A. (2007a). *Competencias docentes del profesorado universitario*, Madrid: Narcea.
- Zabalza, M. A. (2007b). *La enseñanza universitaria. El escenario y sus protagonistas*, Madrid: Narcea.
- Zoller, U. (1990) Students' misunderstandings and misconceptions in college freshman chemistry (general and organic). *Journal of Research in Science Teaching*, 27 (10), 1053-1065.