

Educación en la Química

**Revista de la Asociación de Educadores en la Química de la República Argentina
Secretarías Capital Federal y Provincia de Buenos Aires**

Educación en la Química

(ISSN 0327-3504) es una publicación cuatrimestral de ADEQRA (secretarías Capital Federal y Pcia. de Buenos Aires) que se distribuye gratuitamente a los socios de estas secretarías. En ella se dan a conocer experiencias de aula, resultados de investigaciones, avances tecnológicos, noticias científicas, etc. Los editores agradecen cartas, ideas, sugerencias y artículos que puedan resultar de utilidad a otros colegas.

Editores

**Luz Lastres Flores
Mónica Steinman**

El contenido de los artículos firmados es responsabilidad de sus autores.

Se recomienda cautela al realizar los experimentos y demostraciones que se proponen.

Se autoriza la reproducción de los materiales, citando la fuente. (Título clave abreviado: *Ed. en la Quim.*)



ADEQRA, Asociación de Educadores en la Química de la República Argentina, es una asociación sin fines de lucro que reúne a docentes de los diferentes niveles educativos de nuestro país, interesados en la formación y capacitación continua.

Entre los fines y objetivos de la Asociación que figuran en su Estatuto, pueden citarse:

- Procurar que la enseñanza de la Química sea cada vez más significativa y eficiente en todo el país y en los distintos niveles educativos.
- Promover el estudio y la investigación en la enseñanza de la Química en todos los niveles.
- Fomentar el intercambio y la comunicación entre personas y las instituciones dedicadas a la enseñanza de la Química.
- Contribuir al perfeccionamiento profesional de sus asociados mediante la divulgación de información científica, metodológica y de temas de interés común.
- Suscitar la inquietud de los docentes de Química por temas que contribuyan a ubicarlos frente a los problemas fundamentales de carácter científico y técnico que enfrenta el país.

SECRETARÍA CAPITAL FEDERAL SECRETARÍA PCIA DE BUENOS AIRES

Delegada: Karina Di Francisco
Secretaria: Lidia Iñigo
Tesorera: Luz Lastres Flores
Vocales: Susana Viñas
 Gabriel Levi
 Marta Bulwik
 Patricia Moreno

Presidente: Gabriela Mohina
Vicepresidente: M. Gabriela Muñoz
Secretaria: Liliana Knabe
Prosecretaria: Patricia Moreno
Tesorera: Rosa María Haub
Protesorera: Mónica Steinman
Vocales: Silvia Porro
 Silvina Fornasari
 Miriam Klein
 Alberto Santiago

ISP Joaquín V. González
Lab. de Química, 2º piso
Rivadavia 3577
1203. Buenos Aires

ISFD N° 24 B. Houssay
Avellaneda 177
1876 Bernal
Pcia Buenos Aires

Para profundizar

EL CONOCIMIENTO PEDAGÓGICO DEL CONTENIDO: UN VUELCO EN LAS CREENCIAS DE LOS PROFESORES DE QUÍMICA.

Andoni Garritz¹ y Rufino Trinidad-Velasco²

(1) Facultad de Química, UNAM. 04510 México, D.F. andoni@servidor.unam.mx

(2) Instituto de Educación Media Superior del D.F., Iztacalco, 08500, México, D.F.
rtvel_6510@yahoo.com

Abstract (Pedagogical content knowledge: an overturning on chemistry teachers' beliefs)

The authors of this paper have decided to actualize and extend what they had written in the reference of Garritz and Trinidad-Velasco (2004) in relation with pedagogical content knowledge, emphasizing its relation with chemistry teaching and with the ways developed up to now in documenting and portraying it.

Resumen

Los autores de este trabajo hemos decidido extender y actualizar lo dicho en otra referencia (Garritz y Trinidad-Velasco, 2004) con relación al conocimiento pedagógico del contenido y poner énfasis en su relación con la enseñanza de la química y en las maneras que se han desarrollado hasta ahora para documentarlo y describirlo.

INTRODUCCIÓN

Lee S. Shulman (1999) nos cuenta en el prefacio de la obra de Julie Ges-Newsome y Norman Lederman lo que le ocurrió en el verano de 1983, cuando dictó una conferencia en la Universidad de Texas, en Austin, en una reunión de estudio de la enseñanza, la cual tituló “El paradigma perdido en la investigación sobre la enseñanza”.

“Para mi delicia, el título había aparentemente estimulado discusiones serias entre los participantes, en anticipación a mi charla. Ellos se preguntaban: ‘qué trae Shulman en mente como el paradigma perdido’. Las especulaciones abundaban. Muchos predecían que yo identificaría como tal a la ‘cognición del profesor’. Otros nominaban al ‘contexto’. Otros aún especulaban que sería la ‘personalidad del profesor’. Aunque no hice una votación formal, parece que ningún miembro de la audiencia anticipó el aspecto de la enseñanza y de su investigación que yo declaraba como ‘perdido’. Y aún cuando me aproximaba a las notas de conclusión, después de una larga hora de charla (no soy yo quien se caracterice por economía en la expresión), la mayor parte recibió el impacto cuando declaré que ‘el paradigma perdido era el estudio del contenido de la materia y su interacción con la pedagogía’.

Tres años más tarde, Shulman (1986) publica las primeras ideas que resultan de los estudios sobre la interacción entre el contenido temático de la materia y la pedagogía. Shulman planteó algunas preguntas como las siguientes: ¿Cómo el estudiante universitario

exitoso que se convierte en profesor novato transforma su pericia en la materia en una forma que los estudiantes de bachillerato puedan comprender?, ¿Cuáles son las fuentes de las analogías, metáforas, ejemplos, demostraciones y reformulaciones que el profesor usa en el aula?, ¿Cómo los profesores toman una parte de un texto y transforman su entendimiento en instrucción que sus estudiantes puedan comprender?

Él plantea que para ubicar el conocimiento que se desarrolla en las mentes de los profesores, habría que distinguir tres tipos de éste:

- (a) El conocimiento del contenido temático de la asignatura, (CA)
- (b) El conocimiento pedagógico del contenido (CPC), “*el tema de la materia para la enseñanza*”, y
- (c) El conocimiento curricular (CC).

El **conocimiento del contenido temático** (CA) se refiere a la cantidad y organización de conocimiento del tema *per se* en la mente del profesor. Para pensar apropiadamente acerca del conocimiento del contenido se requiere ir más allá del conocimiento de los hechos o conceptos de un dominio, se requiere entender las estructuras del tema. Según Schwab (1978), dichas estructuras incluyen las sustantivas y las sintácticas. Las primeras son la variedad de formas en las cuales los conceptos y principios básicos de la disciplina son organizados para incorporar sus hechos. La estructura sintáctica de una disciplina es el conjunto de formas en las cuales son establecidas la verdad o falsedad, la validez o invalidez de alguna afirmación sobre un fenómeno dado.

El último, el **conocimiento curricular** (CC), dice Shulman que “*está representado por el abanico completo de programas diseñados para la enseñanza de temas particulares que se encuentra disponible en relación con estos programas, al igual que el conjunto de características que sirven tanto como indicaciones como contraindicaciones para el uso de currículos particulares o materiales de programas en circunstancias particulares*”.

EL CPC

De estos tres tipos de conocimiento, el **conocimiento pedagógico del contenido** es el que ha recibido más atención, tanto en el campo de la investigación, como en el de la práctica. Sobre el CPC, Shulman nos dice “*es el conocimiento que va más allá del tema de la materia per se y que llega a la dimensión del conocimiento del tema de la materia para la enseñanza*” (Shulman, 1987, p. 9). Hay que diferenciar el CPC del Conocimiento Pedagógico General para la enseñanza, el cual es el conocimiento de principios genéricos de organización y dirección en el salón de clases; el conocimiento de las teorías y métodos de enseñanza.

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). De esta manera, en el CPC se incluyen, para los tópicos más

regularmente enseñados en el área temática del profesor, esas analogías, metáforas, ejemplos, etc., es decir, todo el esfuerzo que hace el profesor para hacer comprensible su tema en particular.

El CPC también incluye un entendimiento de lo que hace fácil o difícil el aprendizaje de tópicos específicos: “*las concepciones y preconcepciones que los estudiantes de diferentes edades y antecedentes traen al aprendizaje de los tópicos y lecciones más frecuentemente enseñados*”. Si estas preconcepciones son errores conceptuales, como lo son frecuentemente, los profesores necesitan el conocimiento de las estrategias más probables de ser fructíferas en la reorganización del entendimiento de los aprendices, ya que es improbable que los cerebros de estos aprendices se comporten como pizarras blancas.

Shulman extiende en 1987 la noción del conocimiento básico con que el profesor debe contar, incluyendo al menos los siguientes siete tipos de conocimiento:

- Conocimiento del contenido temático de la materia o asignatura (CA)
- Conocimiento pedagógico general
- Conocimiento curricular (CC)
- Conocimiento pedagógico del contenido (CPC)
- Conocimiento de los aprendices y sus características
- Conocimiento del contexto educativo
- Conocimiento de los fines, propósitos y valores educacionales y sus bases filosóficas e históricas

Actualmente el CPC está incluido en los Estándares de Desarrollo Profesional de los Profesores de Ciencias de los Estados Unidos (National Research Council, pp. 62-68, 1996; Enfield, 1999) y se ha tomado en ese país como una guía para la reforma educativa en los programas de formación de los profesores de ciencias. Vicente Talanquer (2003), por ejemplo, ha trabajado vigorosamente con sus colaboradores en la Universidad de Arizona para poner a punto los cursos de formación de profesores para la educación en ciencias. Han incorporado un curso de 3 créditos con el nombre de “Métodos de Enseñanza del contenido” que versa precisamente sobre el CPC específico del área de concentración del futuro profesor (biología, química, física o ciencias de la tierra).

En la didáctica de las ciencias, el CPC ha sido usado como un término para describir cómo los profesores novatos aprenden poco a poco a *interpretar y transformar* su contenido temático del área en unidades de significados comprensibles para un grupo diverso de estudiantes (Van Driel, Verloop y de Vos, 1998). Estos autores insisten en que el CPC fue introducido por Shulman argumentando que la investigación de la enseñanza y la educación de profesores habían ignorado preguntas de investigación relativas al contenido de las lecciones enseñadas. De manera similar, Veal y MaKinster (1999) definen el CPC como la habilidad para *traducir* el contenido temático a un grupo diverso de estudiantes usando estrategias y métodos de instrucción y evaluación múltiples, tomando en cuenta las limitaciones contextuales, culturales y sociales en el ambiente de aprendizaje.

Cochran, DeRuiter y King (1993), en un sentido más amplio, definen el CPC como el entendimiento integrado de las cuatro componentes que posee un profesor: pedagogía, conocimiento temático de la materia, características de los estudiantes y el contexto ambiental del aprendizaje. Idealmente, el CPC se genera como una síntesis del desarrollo simultáneo de estas cuatro componentes.

En este contexto, Chevallard (1991) maneja un concepto similar al del CPC, el de transposición didáctica: “un contenido de saber que ha sido designado como saber a enseñar, sufre a partir de entonces un conjunto de transformaciones adaptativas que van a hacerlo apto para ocupar un lugar entre los objetos de enseñanza. El 'trabajo' que transforma de un objeto del saber científico en un objeto de enseñanza, es denominado la *transposición didáctica*”. Este término es muy comúnmente utilizado en España (Izquierdo, Sanmartí y Espinet, 1999).

Sánchez-Blanco y Valcárcel-Pérez (2000) citan el término de Shulman como «*el conocimiento didáctico del contenido*», basados quizás en la traducción que hace Mellado (1998), por primera vez en España. Es nuestro parecer que el término acuñado por Shulman debe respetarse, nombrándolo exactamente como lo hizo Shulman: «*el conocimiento pedagógico del contenido*».

En los cambios que se han suscitado en los últimos años en los programas de educación de profesores de ciencias, De Jong, Korthagen y Wubbels (1998) ubican como una tendencia común importante, el creciente interés en los pensamientos de los profesores de ciencias, especialmente en el conocimiento de la asignatura y en sus concepciones del aprendizaje.

Barnett y Hodson (2001) plantean un nuevo término: “Conocimiento Pedagógico del Contexto” en el camino para entender qué saben los buenos profesores, y qué los diferencia de los no tan buenos. Incluyen en él cuatro tipos de conocimiento, con los siguientes porcentajes de cada uno en su investigación de caracterización de frases emitidas por seis buenos profesores de la enseñanza secundaria (puede observarse que la mayor proporción de las frases empleadas por los profesores en las entrevistas tienen que ver con el CPC):

Conocimiento académico y de investigación	19.7%
Conocimiento Pedagógico del Contenido	44.5%
Conocimiento Profesional	21.2%
Conocimiento del salón de clases	14.6%

Barnett y Hodson incluyen, dentro del Conocimiento Pedagógico del Contenido el uso de:

- Estrategias para enseñar ciencia.
- Estrategias para evaluar el aprendizaje de las ciencias.
- Recursos científicos.
- Recursos de la comunidad.
- Estrategias para integrar la ciencia con otros temas.

- Estrategias para personalizar la educación en ciencias.

¿CÓMO CAPTURAR Y DESCRIBIR EL CPC DE LOS PROFESORES?

Grossman (1990) identifica cuatro fuentes a partir de las cuales el CPC se genera y desarrolla:

- La observación de las clases, tanto en la etapa de estudiante como en la de profesor-estudiante;
- La formación disciplinaria;
- Los cursos específicos durante la formación como profesor y
- La experiencia de enseñanza en el salón de clases.

Kagan (1990) titula su artículo como “Maneras de evaluar la Cognición de los Profesores: Inferencias Concernientes al principio de Ricitos de Oro”. Se refiere la autora a que algunos conceptos parecen ser demasiado pequeños (específicos) para una aplicación razonable y otros parecen ser más grandes (vagos, generales o ambiguos) para ser traducidos en términos concretos. En particular, toma el concepto de «*cognición de los profesores*» como uno que para algunos es demasiado estrecho, al considerar que la noción de que «*la competencia de un profesor emerge de la investigación proceso-producto de los años setenta, es decir, enteramente en términos de una ‘lista de lavandería de objetivos de comportamiento’*», mientras que para otros, que definen la buena enseñanza en términos de la cognición subyacente, resulta ser un término demasiado grande. Kagan encuentra diversas maneras bajo las cuales la investigación sobre la cognición de los profesores resulta ser demasiado vaga o ambigua como para promover su utilización. Sólo tiene sentido hablar de buena docencia, nos dice, cuando existe una «*validez ecológica*», es decir, cuando dicha docencia se mide en términos de lo que afecta la vida en el salón de clase. Propone Kagan que el actuar de los profesores se mida más con el impacto sobre los estudiantes, en lugar de a través del comportamiento del profesor en una herramienta o tarea particular. Hay que decir que nos falta mucho para llevar a la práctica la recomendación de Kagan sobre la evaluación de la buena docencia.

Las dificultades para conocer el CPC de los profesores han sido expresadas por Baxter y Lederman (1999). Nos mencionan que el CPC no puede observarse directamente, dado que se trata de un constructo interno del profesor. Durante el episodio de unas pocas clases es posible que no exponga el profesor sino una pequeña porción de su almacén acumulado de mejores ejemplos. Estos autores nos citan como fuentes para extraer el CPC las siguientes:

- Pruebas de lápiz y papel
- Observación de las clases
- Elaboración de mapas conceptuales
- Representaciones pictóricas
- Entrevistas

- Evaluaciones multimétodo

Más recientemente, Loughran *et al* (2004) nos hablan de las razones por las cuales resulta difícil reconocer y articular el CPC.

- Puede no resultar evidente para el investigador en los confines de unas cuantas lecciones.
- Mucho del conocimiento de los profesores es tácito, se trata de una construcción muy interna.

Nos presentan dos herramientas para recopilar el CPC:

- CoRe (Content Representation)
- PaP-eRs (Professional and Pedagogical experience Repertoires)

Para obtener la Representación del Contenido (CoRe) empiezan por extraer del profesor las ideas o conceptos centrales de su exposición del tema, y para cada idea central le preguntan:

- ¿Qué intentas que los estudiantes aprendan alrededor de esta idea?
- ¿Por qué es importante para los estudiantes aprender esta idea?
- ¿Qué más sabes sobre esta idea? (Lo que tú no vas a enseñar por ahora a los estudiantes).
- ¿Cuáles son las dificultades y limitaciones conectadas a la enseñanza de esta idea?
- ¿Cuál es el conocimiento acerca del pensamiento de los estudiantes que influye en tu enseñanza de esta idea?
- ¿Qué otros factores influyen en tu enseñanza de esta idea?
- ¿Qué procedimientos empleas para que los alumnos se comprometan con la idea?
- ¿Qué maneras específicas utilizas para evaluar el entendimiento o confusión de los alumnos sobre la idea?

Los Repertorios de Experiencia Profesional y Pedagógica (PaP-eRs), por su parte, son 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.

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.

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 primordiales al dar su clase.

Por su parte, Veal (2002) ha usado viñetas para estudiar las creencias y el conocimiento de los profesores. Una viñeta es una imagen o descripción de una situación que puede o no tener un escenario problemático. Las viñetas desarrolladas por Veal, incluyen aspectos tanto de contenido pedagógico como de conocimientos, tales como: manejo en el salón de clase, aprendizaje del estudiante, estilos y métodos de enseñanza, contenido científico correcto e incorrecto y cuestiones multiculturales.

EL CPC DE QUÍMICA

Respecto al CPC en la enseñanza de la química se han encontrado relativamente pocos estudios, dentro de los que podemos mencionar los siguientes:

a) Geddis, Onslow, Beynon y Oesch (1993) presentan un primer ejemplo acerca de cómo los profesores más efectivos logran transformar el contenido de la materia en formas que sean más accesibles para sus estudiantes.

Empiezan con el relato de una estudiante de profesorado, Karen, que lo único que alcanza es a entender el concepto a enseñar y reproduce su conocimiento en la clase con los alumnos de 11° grado, lo cual le toma mucho más tiempo que el especificado en el currículo.

Culminan con la experiencia de Alan, otro profesor-alumno, que es muy bien orientado por su profesor cooperante, Marvin. Éste idea una forma de que los alumnos entiendan conceptualmente la masa relativa promedio de los isótopos naturales de un elemento, gracias a una tabla, en la cual los alumnos van calculando la masa promedio de muestras de carbono con un número variable de átomos de ^{12}C , con una masa exacta de 12 uma y de ^{13}C , con una masa exactamente de 13 uma.

Ejemplo	Número de átomos		Masa atómica promedio (uma)
	Carbono-12	Carbono-13	
A	1	1	12.5
B	2	1	12.33
C	3	1	12.25
D	4	1	12.2
E	5	1	12.17
F	6	1	12.14
G	7	1	12.12
Carbono como ocurre naturalmente			12.01

Marvin pide a los estudiantes calcular las masas promedio de la última columna involucrando los dos átomos presentes en la primera fila, luego los tres átomos de la segunda fila, etc. Y les pregunta: “¿Cuál isótopo es más abundante en el carbono natural?”

¿Qué tanto es más abundante?” Para luego hacer la pregunta más difícil: “En el carbono como ocurre naturalmente, ¿Cuál es el porcentaje de abundancia de ^{12}C ? ¿Cuál es el de ^{13}C ?”.

Queda claro que Marvin está más enfocado a un aprendizaje *conceptual* que a uno *procedimental*. Así, los buenos profesores pueden ayudar a sus alumnos a entender, a través de ejemplos que son menos complejos, más concretos y más cercanos a la forma de pensar de todos los días.

Geddis *et al* concluyen su artículo mencionando que son cuatro las categorías en las que juega el CPC para transformar el conocimiento académico en formas accesibles para los estudiantes:

1. El conocimiento de las concepciones alternativas de los alumnos.
2. Estrategias de enseñanza efectivas que toman en consideración ese conocimiento.
3. Representaciones alternativas del tópico a enseñar.
4. Lo sobresaliente en el currículo de los temas de la asignatura.

b) Clermont, Krajcik, y Borko (1993) realizan una exploración de la naturaleza del crecimiento del CPC que ocurre a profesores de ciencias de nivel medio que participan en un taller intensivo de capacitación sobre enseñanza usando demostraciones para dos conceptos básicos en física y química: la densidad y la presión del aire.

Estos autores encuentran que el CPC de los profesores de ciencias puede crecer a través de talleres intensivos orientados a desarrollar habilidades. Sin embargo, aunque hubo un crecimiento en los repertorios representacional y adaptacional de estos profesores, en otros dos aspectos del CPC parece haber ocurrido mucho menos avance, esto es, en el conocimiento asociado con la evaluación crítica y del contenido y con la selección instruccional. Estos hallazgos indican que el CPC es un sistema de conocimiento complejo y sugieren que sus diferentes componentes pueden mostrar diferentes velocidades de crecimiento en una actividad de capacitación.

c) Estos mismos autores, Clermont, Borko y Krajcik (1994), examinan en otro artículo el CPC de profesores de química, tanto con experiencia como principiantes, que usan como estrategia la enseñanza por demostraciones, ya que ésta se considera un componente importante del repertorio pedagógico de los profesores de ciencias y es un área que no está bien desarrollada.

Los hallazgos sugieren que los profesores con experiencia, comparados con los novatos, poseen un mejor repertorio adaptacional y representacional para la enseñanza de conceptos fundamentales en química. También parecen ser más conocedores de la complejidad de las demostraciones químicas, cómo dicha complejidad puede interferir con el aprendizaje y cómo las demostraciones químicas más simples pueden promover mejor el aprendizaje de conceptos.

d) Thiele y Treagust (1994) instan a desarrollar repertorios docentes de analogías para cada tema de la química, aunque reconocen que no sólo es necesario que los profesores cuenten con ese repertorio, sino también deberían contar con un modelo de enseñanza que

guíe el uso de esas analogías. Ese modelo, para la enseñanza con analogías, debería incluir un momento para establecer las similitudes y no similitudes entre análogo y objetivo.

e) Veal (1998) realiza un estudio sobre la evolución del CPC de futuros profesores de química de secundaria sobre aspectos de termodinámica, y encuentra básicamente lo siguiente:

1. Las futuras profesoras desarrollan diferentes tipos de CPC: general, de dominio específico y de tópico específico, los cuales difieren en sus propósitos, usos y aplicaciones (Veal, 1999); la velocidad y el grado de desarrollo de cada uno de estos tipos de CPC se encuentra en función de su formación y experiencia anterior.
2. El desarrollo del CPC de tópico específico ocurrió antes del de dominio específico.
3. Las futuras profesoras demostraron y desarrollaron un entendimiento fundamental de la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias que servirá como base para el desarrollo de un CPC de dominio específico mayor.

f) Van Driel, Verloop y de Vos (1998) realizan un estudio empírico enfocado al CPC de un tópico específico, el equilibrio químico; donde además incluyen una revisión de la literatura sobre el CPC de los profesores con respecto a la enseñanza en general y en el dominio de la educación en ciencias. Encuentran que las estrategias de enseñanza identificadas en el estudio no son útiles en un sentido universal, sino se refieren exclusivamente al tópico involucrado; aún más, como los profesores enseñan tópicos específicos, estas estrategias adicionan un elemento único y valioso al conocimiento básico educacional.

g) Koballa *et al* (2000), por ejemplo, en un estudio realizado sobre las concepciones del aprendizaje y enseñanza de la química de futuros profesores de nivel superior, encontraron que éstos mantienen tres concepciones cualitativamente diferentes del aprendizaje de la química: a) como un aumento de conocimiento químico de fuentes creíbles, b) como la resolución de problemas químicos y c) como una construcción de entendimiento personal. Asimismo, encuentran también tres concepciones cualitativamente diferentes de la enseñanza de la química: a) como una transferencia de conocimiento químico del profesor a los alumnos, b) como el planteamiento de problemas químicos para que los alumnos los resuelvan y c) como la interacción con los alumnos. Aún cuando un profesor puede tener más de una concepción del aprendizaje o enseñanza de la química, hay una que domina su perspectiva. Los autores encontraron que la mayoría de los futuros profesores mantienen concepciones reproductivas, más que constructivas, del aprendizaje de la química, así como que sus concepciones de la enseñanza son facilitadoras del aprendizaje reproductivo.

h) Dawkins y Butler (2001) analizan el CPC de 7 estudiantes del profesorado de ciencias del segundo año universitario respecto al concepto de mol. Encuentran que las estrategias empleadas por ellos para la enseñanza tienen marcada influencia de los libros de texto de química, en los cuales no siempre se manejan los conceptos como los manejan los científicos (no usan, por ejemplo, el término “cantidad de sustancia”). Asimismo, hallan que un entendimiento claro del concepto no necesariamente implica que se usen las

estrategias más adecuadas para la resolución de problemas relativos a la proporción entre masa y moles.

Sobre este mismo tema de los cálculos químicos y el concepto de mol presentan resultados Sánchez-Blanco y Valcárcel-Pérez (2000). Dicen que la dificultad de enseñar este tema es que *«el mol es un concepto poco claro y abstracto, el número de Avogadro es difícil de imaginar por su magnitud, los cálculos químicos requieren el concepto de proporcionalidad»*. Indican, finalmente, que los profesores se enfrentan con problemas: *«no sé plantear experiencias concretas para estos contenidos; no sé actividades prácticas para introducir el tema, o para que los alumnos puedan deducir a partir de ellas los conceptos, como me habría gustado»*.

i) De Jong, Veal y Van Driel (2002) realizan una recopilación de los estudios llevados a cabo con un enfoque sobre el conocimiento básico de los profesores de química, centrándose sobre el CA y el CPC, esto es, los dos tipos de conocimiento que están determinados por la naturaleza del tópico específico enseñado.

Estos autores resumen la variedad de aspectos del CPC de los profesores de química de la siguiente manera:

1. Los profesores de química con insuficiente CPC de tópicos específicos pueden, en ocasiones, realizar demostraciones de tópicos específicos que pueden reforzar las concepciones alternativas de los estudiantes.
2. Un excelente CA, el conocimiento de cómo aprenden los estudiantes y el conocimiento de representaciones alternativas, son requisitos para la selección y uso de explicaciones analógicas apropiadas y efectivas.
3. La selección, por parte de los profesores de química, de una estrategia para la enseñanza de cálculos estequiométricos con frecuencia no es muy adecuada desde la perspectiva del aprendizaje del estudiante.

j) En otro trabajo, Van Driel, de Jong y Verloop (2002) analizan el crecimiento del CPC relativo a la relación macro-micro en la enseñanza de la química, de 12 profesores durante el primer semestre de su año formativo como posgraduados. Evalúan su conocimiento de la materia, su experiencia docente con respecto a tópicos específicos, el conocimiento de las concepciones y las dificultades de aprendizaje estudiantil, y su participación en talleres de trabajo específicos.

k) Un trabajo reciente sobre este tema en el bachillerato es el de Treagust y Mamiala (2003), en el que analizan, con ejemplos, los 5 tipos de explicaciones que emplean los profesores durante sus clases introductorias de fisicoquímica y de química orgánica, acerca de los tres niveles de representación usados en la química, el macroscópico, el submicroscópico y el simbólico:

1. Analógicas (Un fenómeno o experiencia familiar se emplea para explicar algo poco familiar).
2. Antropomórficas (A un fenómeno se le dan características humanas para hacerlo más familiar).

3. Relacionales (Una explicación que es relevante dada las experiencias personales de los aprendices).
4. Basadas en problemas (Una explicación demostrada a través de la resolución de algún problema).
5. Basadas en modelos (Utilizar un modelo científico para explicar un fenómeno).

l) Hofstein *et al* (2003, 2004) nos presentan el desarrollo de liderazgo entre los profesores de química en Israel a consecuencia de la implantación de nuevos contenidos y de estándares pedagógicos en la educación científica en ese país. Las características de liderazgo que asumen en su trabajo tienen que ver con motivación, autoconfianza, creatividad, integridad, responsabilidad y carisma, logradas por el desarrollo *personal*, el desarrollo *profesional* y la dimensión *social* de los profesores. En los aspectos profesionales describen tanto el desarrollo del conocimiento del contenido como del CPC, a lo cual se dedican durante todo el primer año del programa de liderazgo. Dedicaremos un par de párrafos a describir las líneas generales de abordaje de los aspectos de contenidos (30% del tiempo), CPC (45%) y capacidades de liderazgo (25%).

En años recientes el currículo de química ha cambiado dramáticamente, desde un foco en la estructura de la disciplina hacia un enfoque multidimensional. En vista de ello, la química debe ser enseñada con énfasis en su relevancia en la vida diaria y su papel en la industria, la tecnología y la sociedad. De esta manera el futuro desarrollo de materiales de enseñanza y aprendizaje de la química debe incluir las siguientes dimensiones: la estructura conceptual de la química, el proceso de la química, las manifestaciones tecnológicas de la química, la química como un tópico «*personalmente relevante*», los aspectos culturales de la química y, finalmente, las implicaciones sociales de la química.

La enseñanza de la química debe fundamentarse en que es una disciplina basada en la indagación, en la cual los problemas deben resolverse tanto en clase como en el laboratorio empleando métodos y actividades de indagación. Insisten en incluir tópicos de las ‘fronteras de la química’, tales como ‘radiactividad y radiación’, ‘la química de la nutrición’, ‘ciencia de materiales’, ‘semiconductores’ y ‘química del cerebro’.

Finalmente Hofstein y colaboradores nos presentan toda una serie de herramientas para certificar el cambio de las creencias de los líderes durante los dos años que dura el entrenamiento, que consisten desde cuestionarios con respuestas tipo Likert, hasta entrevistas extensas, y cuestionarios con respuestas abiertas.

m) Vicente Talanquer (2004) dice que hasta la aparición del concepto de CPC hemos dado bandazos en el proceso de formación de profesores.

Insiste en que transformar el conocimiento disciplinario en formas que resulten significativas para los estudiantes requiere que el docente posea el CPC suficiente para que:

1. “Identifique las ideas, conceptos y preguntas centrales asociados con un tema.
2. Reconozca las probables dificultades conceptuales.
3. Identifique preguntas, problemas o actividades que obliguen al estudiante a reconocer y cuestionar sus ideas previas.
4. Seleccione experimentos, problemas o proyectos que permitan que los estudiantes exploren conceptos centrales.

5. Construya explicaciones, analogías o metáforas que faciliten la comprensión de conceptos abstractos.
6. Diseñe actividades de evaluación que permitan la aplicación de lo aprendido en la resolución de problemas en contextos realistas y variados.”

n) Veal (2004) ha explorado las creencias en la enseñanza de futuros profesores de química y su relación con el CPC, y cómo las creencias y los conocimientos de los profesores en formación se van desarrollando. Para ello utiliza una variación del método llamado “microgenético” en el cual se emplean viñetas como una estrategia de intervención moderada diseñada para facilitar la indagación (Veal, 2002). Sus resultados indican que los componentes de CPC observados en este estudio, se desarrollaron a diferentes velocidades en cada uno de los participantes, debido a sus experiencias previas que conformaron sus creencias. El desarrollo del conocimiento y creencias de los profesores fue sinérgico y basado más sobre la experiencia en el salón de clase y menos a través de los métodos tradicionales (seminarios, clases, literatura). Veal también encuentra resultados similares a los de otros estudios; esto es, los futuros profesores consideran que en el proceso de enseñanza aprendizaje de la química el conocimiento es transferible.

o) Recientemente, Bucat (2004) convoca a profesores, químicos e investigadores en educación química a trabajar juntos para integrar los hallazgos pedagógicos, químicos y de investigación educativa y crear una colección de CPC sistematizado y documentado. Nos da una serie de ejemplos de CPC en la enseñanza de la química para la enseñanza de ley de acción de masas, de los símbolos y el lenguaje químicos, de la sustitución nucleofílica y las reacciones de eliminación, de la simetría molecular, la enantiomería, y otros temas. 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.

Una conclusión general de todos estos artículos es que para contribuir a su comprensión cabal es necesario realizar estudios sobre el CPC en tópicos específicos. Es muy importante conocer a fondo este aspecto para mejorar el proceso educativo de la química. Como De Jong, Veal y Van Driel (2002) han apuntado, *no se conoce mucho acerca de la base de conocimientos de los profesores de química con respecto a temas como los de la bioquímica, la tecnología química y la cinética.*

Nos parece factible crear una colección de CPC sistematizados y documentados de una buena parte de los tópicos básicos de la química. Hacen falta más estudios sobre el conocimiento básico con que cuentan los profesores de química de nuestros países. Bienvenidas las propuestas de colaboración en este sentido, ya las primeras empiezan a rendir frutos (Garritz, Porro, Rembado y Trinidad, 2005)

Con lo que hemos escrito sobre el CPC basta para dar una idea de la revolución que han traído las ideas de Shulman al proceso de formación y evaluación del profesorado, así como de la necesidad de realizar estudios sobre el CPC en temas específicos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Barnett, J. y Hodson, D.** (2001) Pedagogical Context Knowledge: Toward a Fuller Understanding of What Good Science Teachers Know, *Science Education* **85**:426–453.
- Baxter, J.A. and Lederman, N.G.** (1999) Assessment and Measurement of Pedagogical Content Knowledge. In Gess-Newsome, J., Lederman, N. G. (eds.), *Examining Pedagogical Content Knowledge*. (Pp. 147-162), Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.
- Bucat, R.** (2004) Pedagogical content knowledge as a way forward: applied research in chemistry education. *Chem. Educ. Res. Pract.* **5**(3), 215-228.
- Chevallard, Y.** (1991) *La transposición didáctica*, Argentina, AIQUE, 196 pp.
- Clermont, C. P., Krajcik, J. S., Borko** (1993) The influence of an intensive in-service workshop on pedagogical content knowledge growth among novice chemical demonstrators, *Journal of Research in Science Teaching* **30**(1), 21-44.
- Clermont, C. P., Borko, H., Krajcik, J. S.** (1994) Comparative study of the pedagogical content knowledge of experienced and novice chemical demonstrators, *Journal of Research in Science Teaching* **31**(4), 419-441.
- Cochran, K. F., DeRuiter, J. A., King, R. A.** (1993) Pedagogical content knowing: an integrative model for teacher preparation, *Journal of Teacher Education*, **44**, 263-272.
- Dawkins, K., Butler, S.** (2001) Analyzing preservice chemistry teachers' pedagogical content knowledge regarding mole concept, *Proceedings of the annual meeting of the Association for Teacher Education in Europe*, Stockholm, 8 pp.
Versión electrónica consultada el 20 de diciembre de 2004, en la URL <http://www.soe.ecu.edu/csmte/research.htm>
- De Jong, O., Korthagen, F. y Wubbels, T.** (1998) Research on Science Teacher Education in Europe: Teacher Thinking and Conceptual Change, en Fraser, B. J. y Tobin, K. G. (Eds.), *International Handbook of Science Education*, Kluwer Academic Publishers, Printed in Great Britain, pp. 745–758.
- De Jong, O., Veal, W. R., Van Driel, J. H.** (2002) Exploring Chemistry Teachers' Knowledge Base, en J. K. Gilbert y otros (Eds.), *Chemical Education: Towards Research-based Practice*, The Netherlands, Kluwer Academic Publishers, pp. 369–390.
- Enfield, M.**, (1999) Content and Pedagogy: Intersection in the NSTA Standards for Science Teacher Education. Consultada por última vez el 20 de diciembre de 2004 en la URL <http://www.msu.edu/~dugganha/PCK.htm>.
- Garritz, A. y Trinidad-Velasco, R.** (2004) El conocimiento pedagógico del contenido, *Educ. Quím.*, **15**(2), 98-102.
- Garritz, A. Porro, S., Rembado F. M. y Trinidad, R.** (2005). Latin-American teachers' pedagogical content knowledge of the particulate nature of matter. To be presented in the Congress of the European Science Education Research Association (ESERA), Symposium on Pedagogical Content Knowledge, de Jong, O. (coord.), Barcelona, August 2005.
- Geddis, A. N., Onslow, B., Beynon, C. y Oesch, J.** (1993) Transforming Content Knowledge: Learning to Teach about Isotopes, *Science Education* **77**(6), 575-591.
- Gess-Newsome, J. and Lederman, N. G.** (1999) *Examining Pedagogical Content Knowledge. The Construct and its Implications for Science Education*, Dordrecht, The Netherlands, Kluwer Academic Publishers, xii + 306 pp.

- Grossman, P. L.** (1990) *The making of a teacher: Teacher knowledge and teacher education*, New York, Teacher College Press.
- Hofstein, A., Carmi, M. and Ben-Zvi, R.** (2003) The Development of Leadership among Chemistry Teachers in Israel, *International Journal of Science and Mathematics Education* **1**, 39-65.
- Hofstein, A., Carmeli, M. and Shore, R.** (2004) The Professional development of High School Chemistry Coordinators, *Journal of Science Teacher Education* **15**(1), 3-24.
- Izquierdo, M., Sanmartí, N. y Espinet, M.** (1999). Fundamentación y diseño de las prácticas escolares de ciencias experimentales, *Enseñanza de las Ciencias* **17**(1), 45-59.
- Kagan, D. M.** (1990) Ways of Evaluating Teacher Cognition: Inferences Concerning the Goldilocks Principle, *Review of Educational Research* **60**(3), 419-469.
- Koballa, T., Gräber, W., Coleman, D. C., Kemp, A. C.** (2000) Prospective *gymnasium* teacher's conceptions of chemistry learning and teaching, *International Journal of Science Education*, **22**, 209-224.
- Loughran, J., Milroy, P., Gunstone, R., Berry, A. y Mulhall, P.** (2001) Documenting Science Teachers' Pedagogical Content Knowledge Trough PaP-eRs. *Research in Science Education* **31**, 289-307.
- Loughran, J., Mulhall, P. y Berry, A.** (2004). 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.
- Mellado, V.** (1998). La investigación sobre el profesorado de ciencias experimentales. En E. Banet y A. De Pro (eds.), *Investigación e innovación en la enseñanza de las ciencias* Vol I. Pp.272-283, Murcia: DM.
- Mulhall, P., Berry, A. y Loughran, J.** (2003). Frameworks for representing science teachers' pedagogical content knowledge, *Asia Pacific Forum on Science Learning and Teaching*, Volumen 4, Número 2, Artículo 2
En la siguiente URL http://www.ied.edu.hk/apfslt/v4_issue2/mulhall/index.htm#contents
- National Research Council** (1996) *National Science Education Standards*, Washington, DC, National Academic Press, ix + 252 pp.
- Sánchez-Blanco, G. y Valcárcel-Pérez, M. V.** (2000) Relación entre el conocimiento científico y el conocimiento didáctico del contenido: un problema en la formación inicial del profesor de secundaria, *Alambique, Didáctica de las C. Experimentales* **24**, 78-86.
- Schwab, J. J.** (1978) *Science, curriculum and liberal education*, Chicago, University of Chicago Press.
- Shulman, L. S.** (1986) Those Who Understand: Knowledge Growth in Teaching, *Educational Researcher*, **15**(2), 4–14.
- Shulman, L. S. y Sykes, G.** (1986) *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.
- Shulman, L. S.** (1987) Knowledge and Teaching: Foundations of the New Reform, *Harvard Educational Review* **57**(1), 1–22.
- Shulman, L. S.** (1999) Foreword en Gess-Newsome, J., Lederman, N. G. (Eds.), *Examining Pedagogical Content Knowledge. The Construct and its Implications for Science Education*. Dordrecht, The Netherlands, Kluwer Academic Publishers, pp. ix–xii.

Talanquer, V., Novodvorsky, I., Slater, T. F., Tomanek, D. (2003) A Stronger Role for Science Departments in the Preparation of Future Chemistry Teachers, *Journal of Chemical Education* **80**(10), 1168-1171.

Talanquer, V. (2004) Formación Docente: ¿Qué conocimiento distingue a los buenos maestros de química?, *Educación Química* **15**(1), 52-58.

Thiele, R. y Treagust, D. (1994) An interpretative examination of high school chemistry teachers' analogical explanations, *Journal of Research in Science Teaching* **31**(3), 227-242.

Treagust, D. F., Mamiala, T. L. (2003) The role of submicroscopic and symbolic representations in chemical explanations, *International Journal of Science Education* **25**(11), 1353-1368.

Van Driel, J. H., Verloop, N., de Vos, W. (1998) Developing Science Teachers' Pedagogical Content Knowledge, *Journal of Research in Science Teaching* **35**(6), 673-695.

Van Driel, J. H., de Jong, O., Verloop, N. (2002) The Development of Preservice Chemistry Teachers' Pedagogical Content Knowledge, *Science Education* **86**(4), 572-590.

Veal, W. R. (1998) The Evolution of Pedagogical Content Knowledge in Prospective Secondary Chemistry Teachers, *Proceedings of the Annual Meeting of the National Association of Research in Science Teaching*, San Diego, CA., pp. 1-47.

Versión electrónica consultada el 20 de febrero de 2004, en la siguiente URL <http://www.educ.sfu.ca/narstsite/conference/98conference/veal2.pdf>

Veal, W. R., MaKinster, J. G.(1999) Pedagogical Content Knowledge Taxonomies, *Electronic Journal of Science Education*, **3**(4), 1-18.

Versión electrónica consultada el 20 de diciembre de 2004, en la siguiente URL

<http://unr.edu/homepage/crowther/ejse/ejsev3n4.html>

Veal, W. R. (2004) Beliefs and knowledge in chemistry teacher development, *International Journal of Science Education* **26**(3), 329-351.

Veal, W. R. (2002), Content Specific Vignettes as Tools for Research and Teaching, *Electronic Journal of Science Education*, **6**(4), Article two.

Versión electrónica consultada el 6 de diciembre de 2004, en la siguiente URL

<http://unr.edu/homepage/crowther/ejse/ejsev6n4.html>

Para reflexionar

UNA MIRADA EPISTEMOLÓGICA AL CONCEPTO DE ELEMENTO QUÍMICO

María Alejandra Tintori Ferreira, Mariano Hernán Talou, María B. García

Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad Nacional de Mar del Plata
atintori@yahoo.com, marianotalou@yahoo.com.ar, bagarcia@mdp.edu.ar

Resumen

En este trabajo se analizan las razones en que se sustentan las distintas definiciones de elemento encontradas en textos universitarios

INTRODUCCIÓN

El concepto de elemento es uno de los pilares sobre los que se ha construido el conocimiento químico. Por lo tanto, establecer una definición rigurosa de dicho término resulta una tarea de fundamental importancia. Esta labor, sin embargo, no parece ser sencilla y así lo prueban diferentes textos publicados al respecto en estos últimos años, como el trabajo “Análisis didáctico de los conceptos de átomo/elemento/sustancia simple y electronegatividad/electropositividad. Una fundamentación epistemológica e histórica” presentado en las VI Jornadas Nacionales y III Internacionales de Enseñanza Universitaria de la Química, llevadas a cabo en la ciudad de La Plata, Argentina, en el año 2003.

EVOLUCIÓN HISTÓRICA

Si bien las ideas de elemento y sustancia tienen su origen en el mundo griego, la forma en que se han entendido estas ideas ha ido modificándose conforme ha avanzado el conocimiento científico. Los primeros pensadores griegos trataron de explicar el mundo de los fenómenos, la naturaleza de las cosas y el origen de sus cambios. Establecieron dos vías explicativas: la de los atomistas y la de Aristóteles.

Los atomistas sentaron las bases de un enfoque mecánico y cuantitativo, recurriendo al concepto de átomo como constituyente último de las cosas, sin utilizar la idea de un número limitado de elementos para explicar la formación de la materia. Para la doctrina atomista, los átomos eran partículas pequeñísimas, homogéneas e indivisibles que difieren en forma, disposición, posición y tamaño, y que se mueven en el vacío, explicando así la generación y corrupción de las cosas a través de la unión y desunión de átomos.

Aristóteles criticó esta doctrina atomista y entendió que los cuerpos estaban formados sólo por cuatro elementos diferentes (tierra, agua, aire y fuego), donde el elemento es algo

provisto de cualidades que las comunica a la sustancia que compone según su proporción en ella. En la teoría aristotélica, los elementos permanecen como entidades teóricas y, en ningún caso, se plantea el problema del aislamiento real de alguno de ellos.

Más tarde, dentro de la filosofía mecanicista del siglo XVII, R. Boyle realiza una aguda crítica a la teoría de los cuatro elementos, especialmente los antiguos intentos de identificarlos por medio de meros razonamientos. En su lugar, afirma que la química debe construirse basándose en aquellas sustancias que, por análisis, no pueden separarse en otras. Debido a los aportes llevados a cabo por Boyle, el concepto de elemento se convirtió en tema de investigación experimental, y se trataron de identificar aquellas sustancias no divisibles en otras más simples.

En 1789, Lavoisier define al elemento de manera rigurosamente experimental: “... si unimos al nombre de elemento o principios de los cuerpos la idea del último término al que se llega por vía analítica, entonces todas las sustancias que hasta ahora no hemos podido descomponer por cualquier medio serán para nosotros otros tantos elementos.” En este fragmento queda claro que para Lavoisier, elemento y cuerpo simple son sinónimos y que ambos están definidos de manera empírica en función de los resultados del análisis, resultando dichas definiciones independientes de cualquier concepción atómica o no, que se tenga de la materia.

A principios del siglo XIX, Dalton proporciona la primera teoría general que va a guiar los pasos de la química moderna: la teoría atómica. A partir de ella, átomos y elementos, aunque conceptualmente diferentes, van a residir en la misma entidad teórica. Cada elemento está asociado entonces a un tipo de átomo, y es el número conocido de estos el que limita la cantidad de átomos posibles.

Mendeleiev es el encargado de precisar para la posteridad el concepto de elemento. La puesta a punto de su ley periódica, publicada en 1869, le lleva a distinguir los términos elemento y cuerpo simple.

“... hoy se confunde a menudo las expresiones de “cuerpo simple” y “elemento”. Cada una de ellas tiene, sin embargo, un significado claramente distinto... Un cuerpo simple es cualquier cosa material, metal o metaloide, dotada de propiedades físicas y químicas. A la expresión de cuerpo simple le corresponde la idea de molécula... Por el contrario, es necesario reservar el nombre de elemento para caracterizar a las partículas materiales que forman los cuerpos simples y compuestos y que determinan la manera en que éstos se comportan bajo el punto de vista de la física y la química. La palabra elemento requiere la idea de átomo.” (Mendeleiev, en Bensaude y Stengers, 1997:118)(Alambique,1999)

Aunque la definición de elemento dada por Mendeleiev sigue vigente, el descubrimiento de la división del átomo y la existencia de isótopos modificaron la relación biunívoca elemento-átomo. Donde Dalton había establecido la relación: un elemento, un tipo de átomo (de igual peso), el siglo XX matiza: un elemento, varios tipos de átomos (de igual número atómico Z).

RASTREO DE DEFINICIONES

Actualmente, tampoco parece haber concordancia en el momento de definir al elemento. Luego de un rastreo de los textos más relevantes utilizados en los cursos de química de nivel universitario se encontraron las siguientes definiciones sobre el concepto que se pueden agrupar en tres diferentes categorías:

- Las que utilizan como sinónimos a los conceptos elemento y sustancia simple

F. BRESIA, J. ARENTS, H. MEISLICH, A. TURK. (1980) Fundamentos de Química. Compañía Editorial Continental S.A. Cap I Introducción. “... *La sustancia considerada como los cimientos con los cuales se construye las demás, se llama **elemento**. La unidad fundamental del **elemento** es el átomo...*”

P. ATKINS, L. JONES (1998). Química: Moléculas-materia- cambio. 3° Edición. Ediciones Omega S.A. Barcelona. “... *Cada una de los diferentes tipos de materia puras recibe el nombre de sustancia...*” “... *Un **elemento** es una sustancia compuesta por un único tipo de átomos...*”

R. CHANG (1997). Química. 4° edición. Mc Graw Hill. Cap I La herramienta de la química. “... *Las sustancias pueden ser **elementos** o compuestos (...) Un **elemento** es una sustancia que no se puede separar en sustancias más simples por medios químicos...*”

K. WHITTEN, DAVIS, PECK (1999) Química General. 5° Edición. Mc Graw Hill. “... *Un **elemento** es una sustancia que no puede descomponerse en otras más simples por medios químicos...*”

SHRIVER AND ATKINS (1999) Inorganic Chemistry 3° ed. Oxford University Press Traducido. “... *Por aquel tiempo, el precursor del concepto moderno de **elemento** ha sido formulado como una sustancia constituida por sólo un tipo de átomo (Ahora, por tipos de átomos, significamos a un átomo con un número atómico en particular...*”

W. L. MASTERTON, E. J. SLOWINSKI (1979). Química General Superior 4° Edición. Ediciones Interamericano. “... *Los químicos, por métodos que veremos brevemente, han aislado muchos de miles de sustancias puras de la corteza terrestre, los océanos, y la atmósfera (...) Nadie hasta ahora ha tenido éxito en resolver tales sustancias llamadas **elementos**, en dos o más sustancias que difieran en sus propiedades...*”

J. H. WOOD, C. W. KEENOR, W. E. BULL (1974) Química General. Harper Row Publishers Inc. “... *Las sustancias puras fueron clasificadas desde los primeros tiempos en **elemento** y compuesto. Los **elementos** eran aquellas sustancias que no podían descomponerse en dos o más sustancias diferentes.*”

P. ALONSO, R. CEBEIRA, M. J. GARCIA (1990). Química COU. Mc Graw Hill. “... *los **elementos** son sustancias que no pueden descomponerse en otras más sencillas utilizando los medios químicos habituales...*”

DICCIONARIO DE QUÍMICA Y PRODUCTOS QUÍMICOS. Hawley. "**Elemento** (element): una de las 109 clases de sustancias conocidas actualmente que comprenden toda la materia a nivel atómico y por encima de este nivel."

M. MOLINER. Diccionario de uso del español. (1983). Ed. Gredos S.A. "**Elemento**: cada una de las partes que pueden distinguirse separadamente de una cosa o cada una de las cosas de un conjunto (...) Cuerpo químicamente simple..."

- **Las que establecen una distinción entre ambos conceptos aunque los consideran dentro de la misma categoría ontológica**

M. ANGELINI y otros (1997) Temas de Química General Versión Ampliada. EUDEBA. "... Se denomina **elemento** al constituyente común a una sustancia simple, a sus variedades alotrópicas y a todas aquellas sustancias compuestas que por descomposición pueden originar dicha sustancia simple..."

- **Las que establecen una distinción categórica entre elemento y sustancia simple**

INGRESO FACULTAD DE INGENIERIA. UNMDP. "**Elemento químico** es el nombre que recibe el conjunto de átomos con el mismo número de protones."

DISCUSIÓN

¿Son las tres categorías válidas y las diferencias en las definiciones se deben a distintos sustentos ontológicos y epistemológicos? ¿O hay una sola que se puede considerar correcta?

Distintos trabajos relacionados desarrollados sobre estas cuestiones (Eric Scerri (2000), S. H. Vollmer (2003) y Fernández González (1999), entre otros) han proporcionado algunas respuestas a la pregunta planteada.

En el caso de Fernández González, dice: "... el cuerpo simple es la sustancia que puede ser obtenida en el laboratorio y el elemento es lo que tienen en común el cuerpo simple y sus correspondientes compuestos. Por ejemplo, el elemento oxígeno es lo común al gas oxígeno, al ozono y a todos los compuestos oxigenados. Es además lo que subsiste en las reacciones químicas de cualquiera de ellos"

Si consideramos al elemento como una sustancia, éste debería entonces estar dotado de propiedades. Pero, ¿cuáles son las propiedades del elemento oxígeno? ¿Las del O₂, las del O₃, las del O cuando está formando CO₂? Ante este interrogante Scerri propone, de acuerdo con los aportes de Fritz Paneth acerca de esta cuestión (Paneth 1962), un doble significado para el término elemento: *elemento-1*, considerado como sinónimo de "sustancia simple", y *elemento-2*, definido como una "sustancia básica" dotada de ciertas propiedades inobservables que se mantienen en los distintos cuerpos simples y compuestos que forma, como por ejemplo el número atómico.

Por su parte, Vollmer afirma que este último significado del término elemento se refiere al núcleo y los electrones internos (“kernel”) de los diferentes átomos, que constituye aquello que se conserva en los distintos cambios químicos.

Desde nuestro punto de vista, al elemento se lo puede definir como conjunto de átomos con igual número atómico. Sin embargo, entendemos la idea de elemento como un modelo, de la misma manera que lo es la idea de gas ideal, o la de péndulo simple. Como todo modelo, podrá haber sido construido con intención realista o como un instrumento capaz explicar un fenómeno, según la perspectiva filosófica con que se lo interprete, pero no deja de ser un constructo (Bunge, 2000); no es una “cosa” constitutiva de la naturaleza. El mundo está compuesto exclusivamente por cosas, es decir objetos concretos o materiales, en éste caso, *sustancia*. A su vez, cada objeto material tiene un complemento, una clase de objeto abstracto conceptual o ideal, *elemento*. Todo objeto es o una cosa o un constructo, es decir: todo objeto pertenece a alguna de estas dos clases y ninguno pertenece a ambas.

Por esta razón, creemos que es inadecuado asociar la idea de elemento a la de sustancia ya que esta última sí forma parte de la naturaleza. Mientras que la idea de elemento requiere de la idea de teoría, investigador y de conocimiento científico, la idea de sustancia no.

De esta manera, no aparece el problema de asignarle propiedades a un elemento. Como todo modelo, sólo tiene características y no propiedades. Dice Bunge (2000) “La atribución de propiedades conceptuales a las cosas concretas y la atribución de propiedades sustanciales a constructos caen en la categoría de los conceptos y enunciados metafísicamente mal formados”

Así, el grupo de definiciones que utilizan como sinónimos a los conceptos elemento y sustancia (Ej. Atkins: “*sustancia constituida por sólo un tipo de átomo*”), queda claramente descartada con la presencia de los alótropos. ¿Cuál es el elemento oxígeno, O_2 o O_3 ? Ambos están constituidos por un sólo tipo de átomos. Se podría decir que contienen el mismo elemento y, no obstante, son sustancias distintas.

El segundo tipo de definiciones, que establece una distinción entre ambos conceptos aunque los consideran dentro de la misma categoría ontológica, no sería adecuado ya que continúa asignando tanto al elemento como a la sustancia simple una existencia material que, para nosotros, no tiene. La idea de elemento como algo que puede materializarse tiene su origen en la definición operativa de Lavoisier, ya que su definición se hace de manera empírica.

Por último las definiciones que realizan una distinción categórica entre elemento y sustancia simple serían las más adecuadas, siempre que se hagan referencia a la idea de modelo, es decir, de construcción teórica idealizada, de imagen simbólica.

CONCLUSIÓN

Si bien es cierto que la discusión presentada en torno a la definición de elemento puede ser caracterizada como algo excesivamente minucioso, no es menos cierto que es imprescindible, particularmente en el plano pedagógico. El conocimiento químico que se acerca al estudiante en niveles universitarios o incluso pre-universitarios, debe ser consistente con el conocimiento científico y, por lo tanto compartir sus supuestos. Las simplificaciones excesivas más que allanar un camino para el estudiante agregan confusión.

El análisis filosófico y epistemológico del concepto de elemento brinda una posible justificación a la diversidad de significados encontrados sobre este término, lo que posibilita explicar algunas de las dificultades que se presentan en el aprendizaje de las ciencias.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Bunge, M., Mahner, M.** (2000) *Fundamento de Biofilosofía*. Siglo XXI. México.
- Barrios, R., Danna, M., Disalvo, E., Sirimaldi, A., Frías M.** (2003), *Análisis didáctico de los conceptos de átomo/elemento/sustancia simple y electronegatividad/electropositividad. Una fundamentación epistemológica e histórica.*: VI Jornadas Nacionales y III Internacionales de Enseñanza Universitaria de la Química. La Plata, Argentina.
- Fernández Gonzáles, Manuel** (1991) Elementos frente a los átomos. Raíces históricas e implicaciones didácticas. *Alambique. Didáctica de las Ciencias Experimentales*. N° 21 pp 56-66
- Paneth, F. A.** (1962), *The Epistemological Status of the Concept of Element* trad. por H. R. Post, *British Journal for the Philosophy of Science* 13: 1–14, 144–160.
- Scerri, Eric R.** (2000), Naive Realism, Reduction and the ‘Intermediate Position’, en Nalini Bhushan and Stuart Rosenfeld (eds.), *Of Minds and Molecules: New Philosophical Perspectives on Chemistry*. New York: Oxford University Press.
- Scerri, Eric R.** (2003), Response to Vollmer’s Review of Minds and Molecules, *Philosophy of Science* 70:391-398
- Vollmer, S. H.** (2003), The Philosophy of Chemistry Reformulating Itself: Nalini Bhushan and Stuart Rosenfeld’s Of Minds and Molecules: New Philosophical Perspectives on Chemistry, *Philosophy of Science* 70:383-390.

Este trabajo fue presentado como Poster en la XII Reunión de Educadores en la Química, REQ XII, Bernal, Argentina, octubre de 2004.

Para reflexionar

DIAGNOSTICO DE PROBLEMAS LINGÜÍSTICOS EN UN CURSO DE QUÍMICA ORGÁNICA

B. Maroto, F.Grasso, C. Camusso y P. Montoya

Facultad de Ciencias Agropecuaria- Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales.

Universidad Nacional de Córdoba.

E-mail: bmaroto@agro.uncor.edu

INTRODUCCIÓN

Una buena parte de las dificultades que los alumnos encuentran en el estudio es de naturaleza lingüística, interpretativa, a tal punto que muchos de ellos no entienden lo que afirma o requiere el enseñante (Borsese, A.; 2000).

Cuando el profesor se expresa con el lenguaje de la ciencia se oye comentar a los alumnos: "no estoy sordo, el profesor habla español pero no entendí nada de la clase". Lo cual significa que el alumno no es capaz de comprender el significado de las palabras y de las expresiones que etiquetan y encapsulan una gran cantidad de hechos e ideas de la ciencia.

Enseñar y aprender ciencias es básicamente un proceso de comunicación entre alumnos y profesores. En la clase de Química, el docente habla sobre observaciones y sobre supuestos describiendo, argumentando y justificando. En las primeras intervenciones de los alumnos en clase, sus argumentaciones no se ajustan a la forma como la ciencia ha elaborado, por ejemplo, una teoría ni a la forma como la expresa. Por eso, es tarea del profesor acercar las dos versiones sobre un hecho compartiendo formas de hablar.

La discontinuidad en la comunicación deriva de la naturaleza plural de los significados de las palabras. Sin embargo, se sigue subestimando el problema del "entender" y de la relación que hay entre el "lenguaje común" y lenguajes específicos o formales no abordando el problema de los significados que tienen las palabras, ni su carácter polisémico.

El uso intercontextual de los términos es la cuestión que genera más dificultades lingüísticas en las situaciones de aprendizaje (Gilbert, J.K.; 1980). La interfase entre el lenguaje y la ciencia contiene un gran número de cuestiones conflictivas, que son condicionantes del aprendizaje científico (Gómez Moliné, M.R. y N. Sanmartín; 2000).

METODOLOGÍA

El lenguaje es un nexo que envuelve todo el proceso de enseñanza-aprendizaje. Un número considerable de investigaciones han demostrado que la información que transmite un discurso es recogida en formas muy diferentes por el auditorio, ya que una parte de la información es comprendida parcialmente, otra es mal interpretada y otra, simplemente, no es captada (Gómez Moliné, M.R. y N. Sanmartín; 2000). Esta característica de la comunicación se refleja en los resultados obtenidos por los alumnos en las instancias de evaluación en un curso de Química Orgánica de la carrera de Ingeniería Química.

El elemento disparador de este conflicto se observó a partir del análisis y evaluación de los exámenes parciales, recuperatorios y finales, teniendo en cuenta el grado de dificultad de cada instancia evaluativa y los resultados obtenidos por los alumnos en las mismas. Para ello, categorizamos a cada ítem evaluativo según el grado de dificultad que presentan en tres niveles: dificultad elevada, dificultad media y baja dificultad.

- dificultad elevada: ejercicios o problemas que requieren explicación y justificación;
- dificultad media: ejercicios de analizar una situación problemática o de relacionar propiedades;
- baja dificultad: preguntas con cálculos numéricos, construir diagramas, dibujar compuestos y determinar estructuras.

Los resultados de esta comparación indicaron que no es posible establecer una relación entre las respuestas dadas por los alumnos y el grado de dificultad de los parciales, finales y/o recuperatorios. Por lo tanto, intuimos que el porcentaje de alumnos reprobados estaba más relacionado con problemas de interpretación del lenguaje que con el grado de dificultad para la resolución.

Por otro lado, también consideramos muchos datos aportados por el relevamiento áulico (respuestas orales dadas por los alumnos en el contexto de algún debate, formulación de las preguntas sobre temas no comprendidos, lenguaje utilizado diariamente en el aula, etc.). Los problemas observados en el aula asociados con el uso de lenguaje son:

- Pobreza de vocabulario
- Falta de habilidad para captar el sentido de una frase.
- Pobreza en el empleo de los signos de puntuación.
- Incompetencia para tomar apuntes.
- Falta de destreza para la escritura impersonal.
- Dificultades en la lectura.
- Dificultades en la comprensión de los libros de textos.
- Inseguridad en el debate.

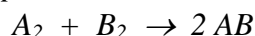
Nos propusimos entonces dos actividades a desarrollar a lo largo del ciclo lectivo 2004 que permitirían realizar un diagnóstico preciso sobre los aspectos a trabajar en el futuro para lograr un mejor aprendizaje en este curso de Química Orgánica.

D) A fin de sistematizar estos problemas lingüísticos y valorizar su influencia sobre el proceso de aprendizaje significativo, se planificó un diagnóstico que abarca los siguientes aspectos:

- 1) Comunicación significativa.
- 2) Uso de las palabras en los contextos científicos y cotidiano.
- 3) Significación lógica de las palabras.
- 4) Uso de las palabras en contextos científicos.

Para evaluar el aspecto de comunicación significativa se analizaron particularmente las respuestas al siguiente ejercicio de evaluación, elaborado para este propósito:

Las colisiones entre las moléculas de los reactivos deben tener suficiente energía para que la reacción ocurra, como se ilustra para la reacción



- a) *Si se mueven con demasiada lentitud simplemente rebotan unas con otras y no hay reacción.*
- b) *Si se mueven con suficiente energía y están orientadas correctamente, la reacción progresa.*

La entropía de activación corresponde al proceso en el cual los reactivos alcanzan el complejo activado y ordinariamente ésta es negativa. Explique esta observación con respecto al esquema siguiente :



Se categorizaron las respuestas de los estudiantes según los siguientes requisitos necesarios para alcanzar la comunicación significativa (Lloréns Molina, J.A.; 1991):

- 1) Fidelidad en la traslación del lenguaje escrito a la expresión gráfica y viceversa.
- 2) Extraer los aspectos fundamentales del mensaje oral o escrito.
- 3) Identificar en un mensaje escrito una determinada idea.
- 4) Interpretar correctamente los convencionalismos utilizados en la clase de Química Orgánica.
- 5) Capacidad para verbalizar ideas, exponerlas y contrastarlas en el debate.

II) Para valorar los aspectos de la polisemia de las palabras en los contextos científicos y cotidiano, su significación lógica y el uso de las mismas en un determinado contexto teórico se elaboró un cuadernillo con dos actividades de lectura reflexiva:

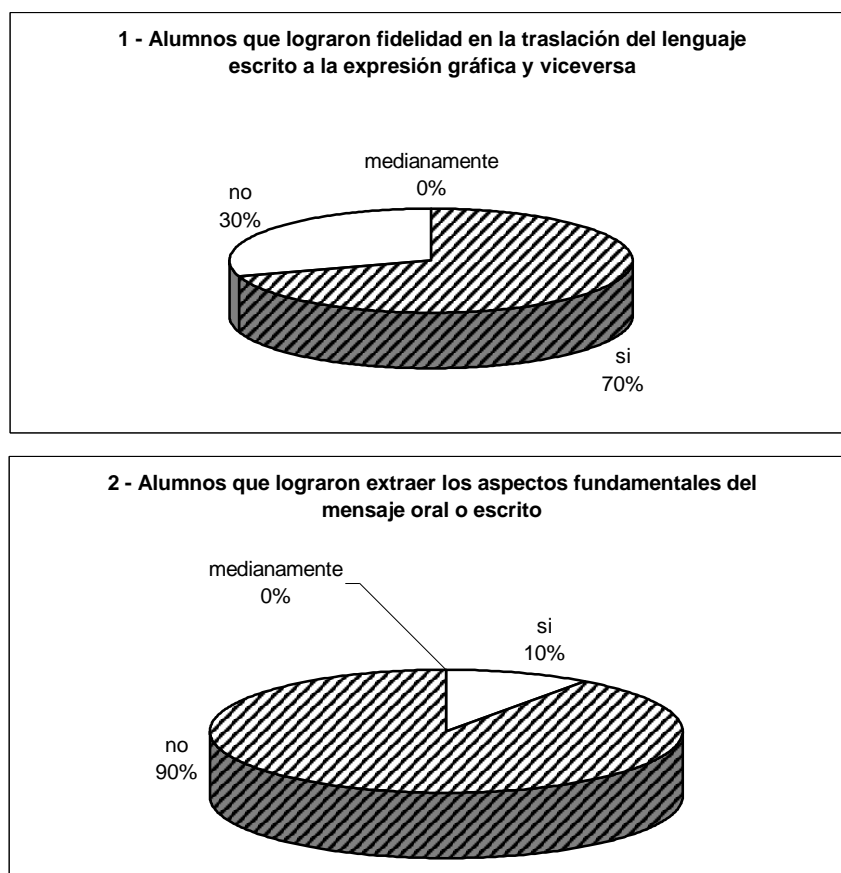
Actividad 1: texto científico.

Actividad 2: texto informativo.

Para ambos textos se proponen distintas pautas para analizar los requisitos de cada uno de los aspectos del lenguaje (Lloréns Molina, J.A.; 1991). Esta actividad se está llevando a cabo actualmente.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El trabajo se realizó con 62 alumnos. Los resultados obtenidos en la evaluación del aspecto de comunicación significativa de las respuestas dadas por estos alumnos a un planteo específico se muestran en la Figura 1. Los alumnos que lograron verbalizar sus ideas, exponerlas y contrastarlas claramente en su respuesta, lograron además aprobar la instancia de evaluación.



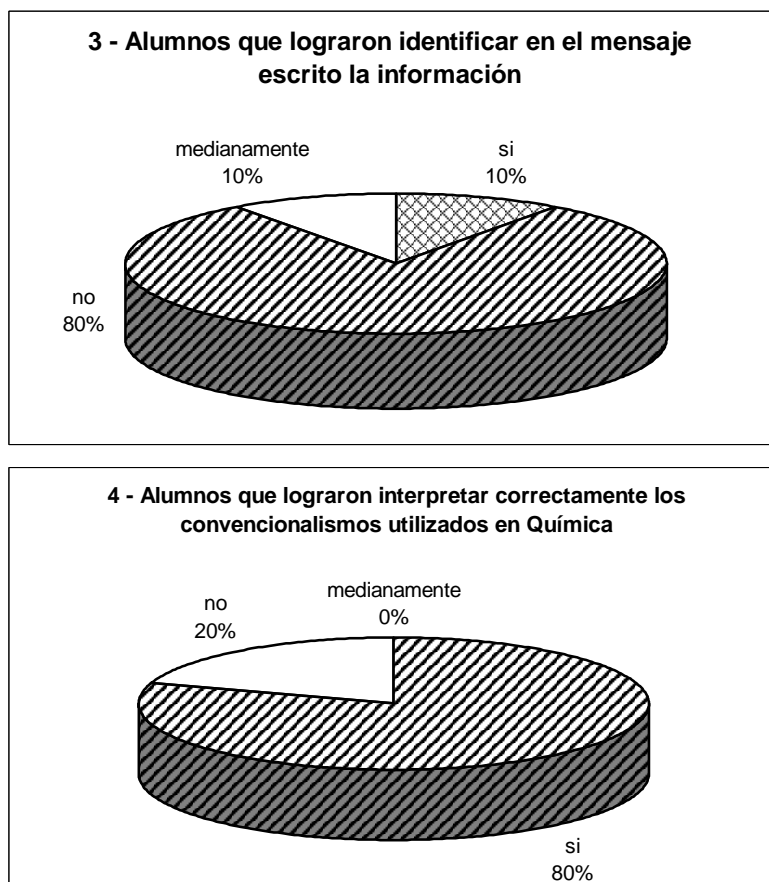


Figura 1: Alumnos que lograron los aspectos de comunicación significativa.

A partir de los resultados, se observa que un alto porcentaje de alumnos lograron fidelidad en la traslación de la expresión gráfica al lenguaje escrito e interpretaron correctamente los convencionalismos utilizados en Química. Una posible explicación se deduce a partir del hecho de que estos alumnos son estudiantes de 2º año de la carrera de Ingeniería Química. Esto se traduce en un mayor desarrollo de la inteligencia lógico-matemática, la que permite abstraer y operar con símbolos, imágenes mentales o modelos de objetos, y de la inteligencia espacial que permite representar ideas visualmente, crear imágenes mentales, notar detalles visuales y dibujar. Este aspecto se enfatiza si analizamos las respuestas: más del 95 % de ellas contiene la fórmula $G = H - T$ como parte de las explicaciones escritas, lo que evidencia el uso de la inteligencia lógico-matemática para el razonamiento cuantitativo.

Como contraparte, sólo un bajo porcentaje de alumnos logró extraer los aspectos fundamentales del mensaje escrito o identificar la información del mismo y, en su mayoría, mostraron pobre capacidad para verbalizar sus ideas, exponerlas y contrastarlas en el debate. Estos resultados también pueden relacionarse con lo expuesto anteriormente. Como

estudiantes de Ciencias Exactas, nuestros alumnos evidencian bajo desarrollo de la inteligencia lingüística. Les resulta dificultoso desarrollar procesos de comunicación significativa, exponer un asunto, escrita o verbalmente, retener información estructurada, dar explicaciones, transmitir sus ideas con claridad, mientras que les resulta “natural” pensar en números, fórmulas o resolver con solvencia un problema matemático o gráfico.

Con respecto a las actividades de lectura reflexiva planteadas en el cuadernillo fueron aplicadas en el segundo cuatrimestre de 2004, durante el dictado de la asignatura Química Orgánica II, en la carrera de Ingeniería Química. Por lo tanto, los resultados que arroje este instrumento serán presentados en futuras comunicaciones.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Lloréns Molina, J.A.** (1980) *Comenzando a aprender Química*. Ed. Visor S.A., Madrid.
- Gilbert, J.K.** (1980) I understand but I don't get it. *School Science Review*, **61**, 218, 664.
- Gómez Moliné, M.R. y Sanmartí, N.** (2000). Reflexiones sobre el lenguaje de la ciencia y el aprendizaje. *Educación Química*, **11**, 2, 266.
- Borsese, A.** (2000) Comunicación, lenguaje y enseñanza. *Educación Química*, **11**, 2, 220 .

Este trabajo fue presentado como Comunicación Oral en la XII Reunión de Educadores en la Química, REQ XII, Bernal, Argentina, octubre de 2004.

De interés

BIBLIOGRAFÍA COMENTADA

Que puede ser de utilidad para docentes del área de Ciencias Naturales de EGB.

Marta Bulwik

Benlloch, M. (comp).(2003). *La educación en ciencias: ideas para mejorar su práctica*. Ed. Paidós. Este libro brinda una serie de reflexiones muy actualizadas sobre temas relacionados directamente con la enseñanza de las Ciencias Naturales en diferentes niveles, incluyendo el de la EGB.

Fourez G. (1994). *Alfabetización científica y tecnológica*. Ed. Colihue. El autor fundamenta la necesidad de la alfabetización científica y tecnológica y destaca el sentido formativo de la enseñanza de las ciencias en la escuela.

Fumagalli L. (1993): *El desafío de enseñar ciencias naturales*. Ed. Troquel. Es particularmente interesante el Capítulo 1 donde la autora plantea la necesidad de reflexionar sobre las concepciones de ciencia y la didáctica de las Ciencias Naturales en el marco de la ciencia escolar.

Harlen W. (1999). *Enseñanza y aprendizaje de las ciencias*. Ed. Morata. Este libro hace un aporte muy detallado sobre el progresivo desarrollo en los niños de nivel primario, de las destrezas, de procedimientos y actitudes involucradas en las actividades científicas. En los últimos capítulos (VIII a XI), la autora desarrolla el tema de la evaluación de los aprendizajes de las ciencias (los objetivos, principios y enfoques de la evaluación) y brinda abundantes ejemplos sobre diversos instrumentos que se pueden utilizar en el nivel primario.

Lacreu, L. (comp.). (2004). *El agua. Saberes escolares y perspectiva científica*. Ed. Paidós. Este libro aporta ideas para un enfoque diferente de un tema tradicional, el agua. Ofrece reflexiones sobre la enseñanza del agua en el marco más general de las Ciencias Naturales, también brinda información proveniente de diferentes disciplinas como la química, la geología, etcétera. Ofrece un análisis exhaustivo del desarrollo de una planificación, la puesta en práctica y la evaluación del proceso. Aunque el ejemplo corresponde al cuarto año (grado), constituye un aporte muy útil también para los docentes del primer ciclo de la EGB.

Prieto, T y otros.(2000). *La materia y los materiales*. Ed. Síntesis. Este libro ofrece a los docentes una reflexión sobre las vertientes más relevantes de la enseñanza y el aprendizaje de la naturaleza de la materia y los materiales: la evolución histórica del conocimiento científico sobre la materia, los problemas relacionados con la transposición didáctica de estos conocimientos, la enseñanza de la naturaleza de la Ciencia a través de ellos y la delimitación y secuenciación de contenidos pertinentes para diferentes niveles (primario y

secundario). Brinda también la indicación de enfoques, propuestas de actividades y recursos didácticos.

Velasco, F. (1994). *¡Qué mundo ruidoso!*, Ed. LUMEN.

En este libro, dirigido a los niños, estos encontrarán información sobre el origen y las características de los ruidos; cómo afectan a las personas y a los animales y como proceder para disminuir los niveles de la emisión de ruidos.

Weissmann, H.(comp) (1993). *Didáctica de las Ciencias Naturales. Aportes y reflexiones.* Ed. Paidós.

En este texto se encontrarán capítulos escritos por diversos especialistas que plantean y fundamentan la importancia de la enseñanza de las Ciencias Naturales en la EGB1.

En internet se puede consultar el material titulado “Recursos para las áreas” www.educ.ar Sección Química para contenidos correspondientes a los NAPS de Materiales y sus cambios y Sección Física para los contenidos correspondientes a los NAPS de Fenómenos físicos.

Son de particular interés, del Programa Nacional de Innovaciones Educativas, las Propuestas para el aula, material para docentes, para EGB1 de Ciencias Naturales. Para los ejes mencionados corresponden las propuestas N° 4, N° 5 y N° 6.

En internet también se pueden consultar los materiales que ofrece la Secretaría de Educación del Gobierno de la Ciudad de Buenos Aires. Entre ellos el Documento de trabajo N°4 que se refiere a Metales y el N°7 de Algunas orientaciones para la enseñanza escolar de las Ciencias Naturales

Con el objetivo de intercambiar opiniones, propuestas y experiencias relacionadas con los fundamentos y la práctica de la enseñanza y en el aprendizaje de la Química, se convoca a los docentes, investigadores e interesados en la educación química, para participar en las



Noviembre 15 al 18, 2005, Mérida, Yucatán,
México

Informes e Inscripciones:
www.cneq.unam.mx/jornadas

Volumen 11
Número 1

Para profundizar

El conocimiento pedagógico del contenido: un vuelco en las creencias de los Profesores de Química

Andoni Garritz y Rufino Trinidad-Velasco.....3

Para reflexionar

Una mirada epistemológica al concepto de elemento químico

M. A. Tintori Ferreira, M. H. Talou y M. B. García.....18

Diagnóstico de problemas lingüísticos en un curso de Química Orgánica

B. Maroto, F. Grasso, C. Camusso y P. Montoya.....24

De interés

Bibliografía comentada

M. Bulwik30

