

Razonamiento Pedagógico Específico sobre el Contenido (RPEC)

Vicente Talanquer*

ABSTRACT (Specific Pedagogical Content Reasoning)

The concept of Pedagogical Content Knowledge (PCK) has had a major influence on research on science teacher knowledge and thinking in the past 25 years. However, PCK has shown to be a difficult concept to characterize and thus it has been the subject of diverse interpretations. In this paper I present a personal reflection about both the nature of PCK and its usefulness in the characterization of teacher thinking. In particular, I discuss the need for shifting our efforts from cataloguing teacher knowledge about teaching a particular subject to characterizing teachers' specific pedagogical content reasoning (SPCR) as they face specific pedagogical tasks in diverse contexts.

KEYWORDS: Pedagogical Content Knowledge, Teacher Thinking, Teacher Preparation, Specific Pedagogical Content Reasoning

Resumen

El concepto de Conocimiento Pedagógico del Contenido (CPC) ha tenido una influencia central en la investigación del saber y pensar de los docentes de ciencias en los últimos 25 años. Sin embargo, el CPC ha demostrado ser un concepto difícil de caracterizar y es por tanto sujeto de variadas interpretaciones. En este artículo presento una reflexión personal sobre la naturaleza del CPC y su utilidad en la caracterización del pensamiento docente. En particular, discuto la necesidad de enfocar nuestros esfuerzos no tanto en catalogar lo que los docentes saben sobre la enseñanza de la disciplina, sino en caracterizar su razonamiento pedagógico específico sobre el contenido (RPEC) cuando se enfrentan con situaciones didácticas en contextos variados.

Palabras clave: Conocimiento Pedagógico del Contenido, Pensamiento Docente, Formación de Docentes, Razonamiento Pedagógico Específico sobre el Contenido

Introducción

Hace más de diez años que cayeron en mis manos dos artículos de Lee Shulman en los que introduce el concepto de "Pedagogical Content Knowledge" (PCK) (Shulman, 1986; 1987), hoy traducido al español como Conocimiento Didáctico del Contenido (CDC) (Blanco, Mellado y Ruiz, 1995) o Conocimiento Pedagógico del Contenido (CPC) (Garritz y Trinidad-Velasco, 2004; Garritz, 2013). Para mí, la lectura de estos artículos fue transformadora (Talanquer, 2004). La sugerencia de que los docentes de cada disciplina poseen un conocimiento particular sobre cómo enseñar su materia, el cual resulta de la amalgama entre conocimiento pedagógico y conocimiento sobre el contenido, resonó fuertemente con mi interés por encontrar formas de analizar y fortalecer el trabajo docente de manera menos subjetiva. El concepto de CPC también me atrajo porque de alguna manera validó mi creencia personal de que los buenos docentes de química poseen un "algo" especial que los distingue de los investigadores

en la disciplina. Desde mi perspectiva, la existencia del CPC era indicativa de que la actividad docente se encuentra al mismo nivel que cualquier otra profesión que demanda formación especializada para poder ejercerla de manera efectiva.

Aunque nunca he realizado trabajo de investigación en el área de CPC, desde que descubrí este concepto he sido un lector ávido de las publicaciones en ese campo, no solo en lo que se refiere a docentes de química (Bindernagel y Eilks, 2009; Davidowitz y Rollnick, 2011; Drechsler y Van Driel, 2008; Padilla, Ponce de León, Rembado y Garritz, 2008; Rollnick, Bennett, Rhembutala, Dharsey y Ndlovu, 2008) o de ciencias en general (Gess-Newsome y Lederman, 1999; Kind, 2009; Loughran, Berry y Mullhal, 2012), sino también del área de matemáticas (Ball, Thames y Phelps, 2008; Depaepe, Verschaffel y Kelchtermans, 2013). Estas lecturas me han hecho reflexionar y cuestionar mis creencias sobre el conocimiento y habilidades que se requieren para ser un buen docente, y sobre las estrategias que resultan más efectivas en la formación de maestros de ciencias a nivel pre-universitario. Sin embargo, en este proceso de reflexión debo confesar que mi enamoramiento con el concepto de CPC se ha visto menguado. Mi entusiasmo original no ha desaparecido del todo, pero me he vuelto más crítico de los trabajos

* Department of Chemistry and Biochemistry, University of Arizona, Tucson, AZ 85721.

Correo electrónico: vicente@email.arizona.edu

de investigación en esa área. Es por ello que en esta contribución he decidido, primero, hacer visibles los motivos de mi desencanto y, segundo, presentar algunas reflexiones personales y ejemplos relacionados con mi propia práctica educativa que reflejan mis ideas actuales sobre conocimiento y pensamiento docente.

¿Qué es y qué no es CPC?

El concepto de CPC ha tenido una gran influencia en los trabajos sobre conocimiento y pensamiento docente que se han publicado en los últimos 25 años (Abell, 2007; Kind, 2009). Hoy día, es casi imposible encontrar un artículo de investigación sobre conocimiento de docentes de ciencias que no se refiera de una manera u otra a la cantidad o a la calidad del CPC de los maestros involucrados. Sin embargo, el análisis cuidadoso de estos trabajos revela que diferentes investigadores frecuentemente expresan variadas conceptualizaciones sobre CPC (Gess-Newsome, 1999). Por ejemplo, para algunos autores el CPC simplemente resulta de la combinación de conocimiento disciplinario y conocimiento pedagógico cuando el docente enfrenta una situación didáctica (la cual defino como una situación que demanda la toma de decisiones e implementación de acciones para completar una tarea docente, como planear una lección, responder a la pregunta de un alumno o guiar una discusión en el aula). Para otros, el CPC es conocimiento emergente que surge de la interacción e integración de conocimiento disciplinar y conocimiento pedagógico, y posee características que lo distinguen de sus componentes originales (Magnusson, Krajcik y Borko, 1999). Se trata, por tanto, de una nueva forma de conocimiento que enriquece la práctica docente.

Estas dos diferentes visiones del CPC, esto es, el CPC como una combinación o amalgama de conocimientos preexistentes o el CPC como conocimiento emergente surgido de la interacción entre diversos componentes, han sido caracterizadas por varios autores a través de una metáfora química (Gess-Newsome, 1999; Farré y Lorenzo, 2009). Por un lado, el CPC puede ser concebido como una “mezcla física” en la que los componentes conservan sus propiedades individuales, o puede pensarse como un “compuesto químico” con identidad propia y propiedades distintas a las de los elementos a partir de los cuales se origina. Determinar si los maestros simplemente combinan diferentes formas de conocimiento (mezcla) al enfrentar una situación didáctica, o utilizan conocimientos emergentes especializados (compuesto) no ha sido una tarea fácil (Abell, 2007, 2008). De hecho, es probable que ambas situaciones ocurran en la práctica de un mismo docente, dependiendo de sus conocimientos y experiencias previas y de la naturaleza de la situación didáctica con la que se enfrente.

Grandes esfuerzos también se han invertido en tratar de identificar los componentes básicos del CPC de los docentes de ciencias (Abell, 2007; Kind, 2009; Lee y Luft, 2008; Magnusson, Krajcik y Borko, 1999; Park y Oliver, 2008). Algunos elementos comúnmente identificados incluyen: conocimientos sobre dificultades en el aprendizaje de la disciplina,

conocimiento sobre estrategias de enseñanza de contenidos particulares, conocimiento sobre el currículo y métodos de evaluación en la disciplina, así como orientaciones hacia la enseñanza de la disciplina. Sin embargo, la delimitación de las fronteras entre lo que se identifica como CPC y otras formas de conocimiento docente (como conocimiento del contenido o conocimiento pedagógico general) es muchas veces problemática. Por ejemplo, hay autores que consideran que todo conocimiento sobre el contenido tiene una naturaleza pedagógica (McEwan y Bull, 1991; Segall, 2004). La adquisición de conocimiento disciplinar en salones de clase o a través de libros de texto ocurre y es influenciada por la visión pedagógica del docente o de los autores del texto. La comprensión de conceptos normalmente se fortalece en el proceso de explicar ideas a otros, o a nosotros mismos, y la manera en que comprendemos una idea conlleva una visión didáctica de cómo esa idea puede ser mejor comunicada o entendida.

En la búsqueda de los elementos constitutivos básicos del CPC, los investigadores en esta área han develado una entidad compleja y difusa. Modelos recientes sobre el CPC no solo incluyen conocimientos especializados sobre el aprendizaje y la enseñanza de la disciplina, sino también conocimientos sobre el contexto educativo relevantes para la enseñanza de la materia, y cuestiones afectivas como creencias personales sobre auto-eficacia (Garritz, 2010; Park y Oliver, 2008). La complejidad, diversidad, y carencia de fronteras claras en la definición del CPC no solo dificulta la caracterización, enseñanza y evaluación de este tipo de conocimiento docente, sino también abre la puerta a lo que yo concibo como malinterpretaciones. Entre las más comunes, describir o representar CPC de los docentes como conocimiento sobre prácticas educativas cuyo uso y efectividad frecuentemente trasciende múltiples disciplinas (Fernández-Balboa y Stiehl, 1995).

El concepto de CPC no solo tiene problemas de definición, sino también de representación y comunicación. En principio, el CPC incluye conocimiento especializado sobre enseñanza y aprendizaje de una disciplina. De hecho, hay autores que consideran que el CPC es específico de cada tema dentro de cada disciplina (Kind, 2009). Sin embargo, un número significativo de estudios sobre el CPC reportan resultados genéricos sobre conocimiento docente. Por ejemplo, este tipo de investigaciones comúnmente se refieren al conocimiento sobre “concepciones alternativas” como un componente importante del CPC de los docentes, pero muchos de estos estudios no presentan ejemplos concretos de cómo este conocimiento se manifiesta en situaciones específicas, ni tampoco ilustran diferentes niveles de efectividad o profundidad en la aplicación de esta forma de CPC al enfrentar situaciones didácticas en un área dada. Uno de los grandes problemas del CPC es que se trata de conocimiento altamente especializado que frecuentemente se representa como conocimiento genérico con el fin de comunicar resultados generalizables que sean de interés para una audiencia amplia de educadores. En este proceso es común enfatizar

patrones generales de conocimiento o comportamiento que, aunque interesantes, resultan poco útiles para mejorar la labor docente en áreas y contextos específicos.

Algunas investigaciones sobre CPC ciertamente incluyen trabajos enfocados a la caracterización de diferentes formas de conceptualizar la enseñanza de temas específicos, o al diseño de estrategias e instrumentos para evaluar tal CPC (Padilla, Ponce de León, Rembado y Garrritz, 2008; Rollnick, Bennett, Rhembutala, Dharsey y Ndlovu, 2008). Este tipo de estudios son de gran utilidad para determinar el tipo y nivel de preparación de maestros con diferentes años de experiencia o que están involucrados en la enseñanza de la misma disciplina en diversos niveles educativos. Desafortunadamente, una alta proporción de este tipo de trabajos describe las ideas de los maestros sobre qué enseñar y cómo mejor hacerlo, o lo que Blanco y colaboradores (1995) definen como el componente estático del CPC, pero no necesariamente analizan o discuten cómo los docentes aplican estos conocimientos y creencias al enfrentar situaciones didácticas específicas en el aula (su componente dinámico).

De CPC a RPEC

Dado lo que hemos aprendido sobre conocimiento docente en los últimos 25 años, sospecho que la búsqueda de una definición precisa del CPC será infructuosa. El trabajo docente es una actividad compleja que se basa en una amplia base de conocimientos, creencias, actitudes, intereses y afectos. Es de esperar que estas bases cognitiva y afectiva se enriquezcan e integren en la medida que el docente gana experiencia en el aula, reflexiona sobre su trabajo y participa en actividades de desarrollo profesional. En este proceso, las fronteras entre conocimiento sobre el contenido, conocimiento pedagógico general y específico, orientaciones hacia la enseñanza en general y de la disciplina en particular, creencias y conocimientos sobre cómo aprenden los estudiantes, etcétera, seguramente se vuelven más difusas. Desde esta perspectiva, no es claro qué beneficios se obtienen de tratar de separar y caracterizar distintos tipos de conocimientos generales y específicos. En la práctica, lo que resulta de interés y utilidad no es tanto documentar lo que el docente sabe, cree o siente, sino analizar y caracterizar cómo utiliza sus bases cognitiva y afectiva para: a) enfrentar distintas situaciones didácticas sobre contenidos específicos en contextos variados, b) justificar sus decisiones y acciones, y c) reflexionar sobre sus propios conocimientos y creencias. En este trabajo me refiero a este tipo de razonamiento docente como Razonamiento Pedagógico Específico sobre el Contenido (RPEC).

El llamado a enfocar nuestros esfuerzos en entender y caracterizar el pensamiento docente en acción no es nuevo. Diversos autores han señalado la importancia de prestar más atención al acto de construcción de conocimiento docente (Cochran, Deruiter y King, 1993) y a su aplicación en el aula (Abell, 2007; Alonzo, Kobarg y Seidel, 2012; Blanco, Mellado y Ruiz, 1995). Desde mi perspectiva, el análisis de qué conocimientos utiliza un docente y cómo los usa para enfrentar una situación didáctica, así como del por qué y para

qué de sus decisiones y acciones, es indispensable si nuestro interés es identificar los patrones de razonamiento y acción que resultan más efectivos en la enseñanza de una disciplina y por tanto deben promoverse en la formación docente. Mi posición es que el RPEC no es solo "CPC en acción" o la componente dinámica del CPC, pues dudo que el conocimiento docente pueda segmentarse en sus componentes generales y específicos. El RPEC se nutre de los diversos recursos cognitivos y afectivos que sustentan la reflexión-acción del docente cuando enfrenta situaciones didácticas específicas. El reto, por supuesto, es cómo acceder y caracterizar el RPEC de los maestros dada la complejidad de la tarea educativa y el carácter tácito de buena parte del saber y pensar docente.

Investigadores en el área de CPC han desarrollado diversas estrategias para revelar el pensamiento docente (Loughran, Berry y Mulhall, 2012). Algunos de estos métodos se basan en observaciones directas en el aula seguidas por entrevistas individuales que promueven la reflexión del maestro sobre situaciones didácticas observadas en el salón de clase. Los resultados de las observaciones y entrevistas pueden utilizarse para construir inventarios en los que se narra la situación didáctica y se desempaca el pensamiento del docente alrededor de ella (Loughran, Mulhall y Berry, 2004). Estos inventarios, comúnmente denominados PaP-eRs (Professional and Pedagogical experience Repertoire) o RePyPs (Repertorios de experiencia Profesional y Pedagógica), pueden servir como herramientas para explorar el RPEC de los docentes. Sin embargo, su utilidad podría enriquecerse si se concibieran como un ejercicio metacognitivo en el que el mismo docente reflexiona sobre lo que sus decisiones y acciones revelan sobre sus conocimientos, creencias y actitudes hacia la enseñanza y el aprendizaje de la disciplina. En la siguiente sección presento un ejemplo de este tipo de ejercicio metacognitivo construido con base en mi propia experiencia en el aula. Mi objetivo es ilustrar tanto la naturaleza del ejercicio de meta-reflexión requerido para hacer el RPEC más explícito, como la utilidad de esta meta-reflexión como herramienta de investigación, y de formación y desarrollo profesional docente.

Una meta-reflexión

El siguiente ejemplo se basa en mi trabajo como docente de Química General para estudiantes universitarios de ciencias e ingenierías en los Estados Unidos. A lo largo de la presentación utilizo texto sangrado para resaltar reflexiones sobre mi RPEC en distintas etapas de la situación didáctica enfrentada.

Reconocimiento de un problema didáctico: Hace un par de años, un colega y yo comenzamos una discusión sobre el bajo nivel de comprensión de nuestros estudiantes revelado por un examen departamental del curso de Química General. En particular, nos sorprendió la inhabilidad de los estudiantes para usar modelos atómico-moleculares para explicar la inmiscibilidad de sustancias no polares, como el hexano, en agua. Una alta proporción de los alumnos seguía pensando que las moléculas de las dos sustancias se repelían

unas a otras, a pesar de que las discusiones en el salón de clase habían enfatizado una explicación basada en la idea de competencia entre distintas atracciones intermoleculares (esto es, todas las moléculas se atraen entre sí, pero la atracción entre moléculas del mismo tipo es más fuerte que la atracción entre moléculas de distintos tipos). Preocupados por esta situación, empezamos a discutir cómo podríamos ayudar a los estudiantes a desarrollar una mejor comprensión sobre el tema. Nuestras discusiones iniciales se centraron en cómo modificar la enseñanza para hacer el modelo de competencia entre atracciones intermoleculares más claro para los alumnos. Una de las propuestas discutidas fue la de involucrar a los estudiantes en el análisis de información experimental que de alguna forma pusiera en conflicto sus ideas sobre repulsión entre moléculas. Con esta idea en mente, iniciamos la búsqueda de datos experimentales para diseñar la actividad propuesta.

En esta primera etapa, mi colega y yo fuimos capaces de reconocer un problema didáctico a partir del análisis de las respuestas de los estudiantes a ejercicios de evaluación. Demostramos disposición para tratar de resolver el problema detectado y generamos una propuesta de enseñanza que buscaba poner en conflicto las ideas iniciales de los estudiantes e involucrarlos de manera activa en la construcción del modelo científico que considerábamos más adecuado. Una de las limitaciones de nuestro razonamiento es que no nos preguntamos por qué los estudiantes aplicaban un modelo de repulsión molecular a pesar de que las discusiones en el aula enfatizaban que ese modelo era inadecuado. Nuestra atención se centró en cómo cambiar la enseñanza para transmitir ideas de manera más efectiva, sin tener una idea clara de qué factores podrían estar limitando el razonamiento de los alumnos.

Reevaluación de conocimientos: La búsqueda de datos experimentales sobre disolución de compuestos no polares en agua nos enfrentó con una realidad que no esperábamos. El calor de disolución en agua (ΔH_{dis}) de la mayoría de las sustancias no polares exploradas resultó ser negativo o muy cercano a cero. Esto indicaba que el modelo de competencia entre atracciones intermoleculares que habíamos enfatizado en el curso no era adecuado para explicar la inmiscibilidad de sustancias no polares en agua. Este hecho nos obligó a reestudiar el fenómeno y reevaluar nuestros conocimientos sobre el tema. Este estudio nos llevó a descubrir el rol central que el cambio de entropía (ΔS) juega no solo en la disolución de compuestos no polares en agua, sino también en la disolución de compuestos iónicos. La solubilidad o miscibilidad de muchas sustancias en agua está determinada por el efecto del soluto en la entropía del disolvente. Por ejemplo, las moléculas no polares o los iones con gran carga afectan la estructura de la red de puentes de hidrógeno entre las moléculas de agua, y reducen el número de configuraciones que las moléculas de disolvente pueden adoptar ($\Delta S < 0$). El estado más probable (o con mayor número de configuraciones) es

entonces aquel en el que el disolvente no-polar se segrega o en el que el compuesto iónico precipita. Este aprendizaje generó un dilema educativo importante, pues el concepto de entropía no era introducido sino hasta el segundo semestre de Química General y no era claro cómo podíamos involucrar a los estudiantes en explicar procesos de disolución a nivel atómico-molecular sin referencia a dicho concepto.

En esta etapa, nuestro conocimiento sobre el contenido a enseñar se transformó de manera fundamental. En la búsqueda de alternativas para enseñar un tema central en el currículo, descubrimos que nuestro conocimiento sobre la materia no era tan sólido como creíamos. El enfrentamiento con nuestras propias “concepciones alternativas” en el área de mezclas acuosas nos hizo revalorar las dificultades conceptuales con las que los estudiantes se enfrentan para comprender estos sistemas. A través de nuestras discusiones nos dimos cuenta de que muchas de nuestras explicaciones sobre procesos físicos y químicos, desde cambios de fase hasta reactividad de ácidos y bases, estaban sesgadas hacia cuestiones mecánicas (fuerzas relativas entre distintos tipos de partículas), haciendo a un lado cambios entrópicos que en muchos casos eran el factor dominante. Nos preguntamos entonces, a qué nivel el pensamiento de nuestros alumnos estaría aún más sesgado que el nuestro hacia la generación de explicaciones con base en la mera acción de fuerzas atractivas y repulsivas entre partículas. Este razonamiento nos llevó a cuestionar cómo influir de manera más efectiva en sus modelos mentales dadas las restricciones impuestas por el currículo establecido.

Búsqueda y generación de alternativas: Una de nuestras primeras propuestas ante el descubrimiento de la relativa complejidad del fenómeno de inmiscibilidad de sustancias no polares en agua fue la de evitar la discusión de este fenómeno en términos de modelos atómico-moleculares. Sin embargo, nuestro estudio de otros procesos importantes (como reacciones ácido-base) reveló que evitar tal discusión implicaría renunciar a involucrar a los estudiantes en la generación de modelos para muchos otros sistemas de interés. En la búsqueda de alternativas, comenzamos a discutir la posibilidad de involucrar a los estudiantes en discusiones sobre el proceso de disolución no tanto con base en fuerzas intermoleculares, sino en términos de cambios en la energía potencial y de cambios en el número de configuraciones de las partículas de soluto y solvente involucradas. La idea fue hacer que los estudiantes comenzaran a pensar, sin decirlo de manera explícita, en cambios en la entalpía (ΔH ; determinados por cambios en energía potencial a nivel atómico-molecular) y cambios en la entropía (ΔS ; determinados por cambios en el número de configuraciones de las partículas) del sistema. Para facilitar este trabajo, consideramos que resultaría útil que los estudiantes construyeran representaciones gráficas cualitativas de la energía potencial y el número de configuraciones relativas de pares de sustancias antes y después de mezclarlas. Esperábamos que la construcción de estos

diagramas, que denominamos “Diagramas de Energía Potencial (EP) y Configuraciones (C)” o “Diagramas EPC” (figura 1), nos permitiría resaltar la utilidad de analizar estos dos factores para explicar o predecir la miscibilidad o inmiscibilidad de dos sustancias. La implementación de esta idea en el aula no fue necesariamente fácil, pues los estudiantes demostraron tener dificultades tanto para pensar en el cambio de dos variables de manera simultánea como para representar sus ideas en forma gráfica, pero su introducción nos permitió enriquecer las discusiones y crear oportunidades para pensar más detenidamente sobre el fenómeno de disolución a nivel atómico-molecular.

La búsqueda de alternativas de enseñanza del tema bajo análisis involucró la integración de diversos tipos de conocimientos y creencias sobre el contenido y la enseñanza y el aprendizaje de la disciplina. En nuestro propio estudio del contenido, tanto mi colega como yo encontramos de utilidad pensar en términos de cambios en la energía potencial y en el número de configuraciones de las partículas involucradas para explicar o predecir las propiedades de una mezcla. Esto influenció nuestras ideas de cómo enseñar el tema. Nuestros conocimientos y creencias sobre la importancia de involucrar a los estudiantes en la creación y análisis de múltiples tipos de representaciones de sistemas modelados nos llevó a generar la idea de los Diagramas EPC como una herramienta didáctica potencialmente útil. Hoy día, estos diagramas se han vuelto parte del repertorio de estrategias didácticas que utilizamos en la enseñanza de diversos temas. Su uso nos ha llevado a descubrir nuevas dificultades conceptuales que los estudiantes enfrentan, tales como analizar cambios en sistemas con más de una variable independiente.

Reconstrucción de currículum: Los retos que enfrentamos y el aprendizaje que desarrollamos a través de la enseñanza del tema de mezclas acuosas cambiaron de manera importante nuestra conceptualización del contenido y la enseñanza de otros temas del curso de Química General. Por ejemplo, pronto descubrimos que explicaciones comunes sobre la fuerza relativa de distintos ácidos también tendían a ignorar efectos entrópicos que en muchos casos eran determinantes del grado de disociación de los ácidos en agua. Las explicaciones basadas en energías de enlace o estabilidad de iones formados no permitían explicar los datos experimentales disponibles. Estos aprendizajes nos llevaron a cuestionar el tipo y la organización de conceptos, ideas, y formas de pensar introducidas en el curso. Decidimos entonces iniciar la discusión de cómo reorganizar y reconceptualizar el currículum para, de manera gradual pero sistemática, ayudar a los estudiantes a reconocer el poder explicativo y predictivo de análisis basados en la comparación de la energía potencial y el número de configuraciones de los estados iniciales y finales en cualquier proceso físico o químico. Así, comenzamos a introducir la construcción de diagramas EPC primero en la discusión de transiciones de fase, después en el análisis de solubilidad de todo tipo de compuestos en agua, y finalmen-

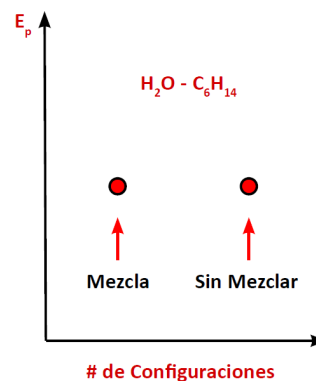


Figura 1. Ejemplo de un diagrama EPC para la mezcla de agua (H_2O) y hexano (C_6H_{14}). En este diagrama, la energía potencial relativa del sistema antes (sin mezclar) y después (mezclado) de combinar los componentes se representa en el eje de las ordenadas, mientras que el número de configuraciones correspondiente a cada estado se representa en el eje de las abscisas. En este caso, la energía potencial del sistema sin mezclar es muy similar a la del sistema mezclado ($\Delta H \sim 0$), pero el sistema sin mezclar tiene más configuraciones que el sistema mezclado ($\Delta S > 0$ para el proceso de segregación).

te en el caso de reacciones químicas. Estas decisiones afectaron tanto el tipo de actividades en las que involucramos a los estudiantes en el aula, como la naturaleza de las preguntas incluidas en nuestras evaluaciones y nuestras expectativas sobre el tipo de respuestas que consideramos satisfactorias.

El desarrollo de un conocimiento más claro y profundo sobre el contenido en diversos temas nos permitió identificar conexiones entre conceptos y formas de razonar en varias áreas. Nuestro conocimiento del currículum nos ayudó a determinar temas que podrían reestructurarse para introducir, elaborar o aplicar el tipo de razonamiento sobre procesos físicos y químicos que buscábamos que los estudiantes desarrollaran. Los cambios en la naturaleza del contenido, la instrucción y la evaluación que introducimos fueron influenciados por nuestra nueva manera de pensar sobre los factores que determinan la direccionalidad de procesos diversos. La disposición a transformar nuestra enseñanza de manera radical es en parte resultado del reconocimiento de nuestra propia ignorancia sobre varios temas, pero también es indicativa de nuestra orientación hacia la enseñanza y el aprendizaje. En particular, de nuestro interés por ayudar a los estudiantes a desarrollar formas de pensar a nivel atómico-molecular que tienen un gran poder explicativo y predictivo.

Discusión y conclusiones

El ejemplo presentado en la sección anterior se basa en la narración de una situación didáctica que dio lugar a cambios importantes en mi conceptualización personal sobre varios aspectos del currículum, la instrucción y la evaluación en el curso de Química General que enseñé. La meta-reflexión asociada con dicha narrativa busca hacer evidentes mi interpretación de lo que las decisiones y acciones que describo

indican sobre la naturaleza y calidad de mi RPEC. Este “Razonamiento Pedagógico Específico sobre el Contenido” se basa y es influenciado por diversos tipos de conocimientos, creencias, actitudes e intereses sobre el contenido a enseñar, sobre la enseñanza y el aprendizaje de la disciplina, y sobre la naturaleza de los estudiantes y el contexto en el que se trabaja. A su vez, el ejercicio del RPEC resulta en la expansión y transformación de tales bases cognitivas y afectivas. Ciertos tipos de conocimientos se incrementan o interrelacionan, mientras otros sufren reconceptualizaciones importantes. Nuevas formas de conocimiento pueden emerger a través de la interacción de diversos componentes cuando el docente genera alternativas para resolver una situación didáctica (por ejemplo, el diseño y uso de los diagramas EPC en el ejemplo presentado).

Como docente, me resulta imposible separar mi conocimiento sobre el contenido de otras formas de conocimiento que influyen mi pensar y actuar en cuestiones educativas. Es por ello que las caracterizaciones del CPC como una forma particular de conocimiento docente me resultan problemáticas. Por ejemplo, lo que he aprendido en años recientes sobre el rol central de cambios entrópicos en el comportamiento de mezclas acuosas está íntimamente ligado a la situación didáctica que buscaba resolver. Mi interés por encontrar maneras de facilitar el aprendizaje de los estudiantes influyó las ideas y conceptos que me resultaron más relevantes durante mi estudio del contenido. Así, mi búsqueda por entender mejor el papel de la energía potencial relativa de las partículas estuvo motivada en parte por el interés pedagógico de establecer conexiones con formas de pensar relevantes en otras disciplinas, como física.

De manera similar, también se me dificulta distinguir entre conocimientos y creencias generales o específicas sobre la enseñanza y el aprendizaje. Por ejemplo, con los años he desarrollado una orientación hacia la enseñanza que pone énfasis en involucrar a los estudiantes en el análisis y desarrollo de modelos con base en datos experimentales. Esta orientación se ha conformado a través de mi experiencia como docente y a través de mis lecturas en investigación educativa en diferentes disciplinas científicas. Para mí, se trata de una orientación hacia la enseñanza que trasciende mi visión sobre la enseñanza de la química en particular, pero ciertamente guía y constriñe las decisiones específicas que tomo o las acciones específicas que implemento en el salón de clases. En general, es de esperar que el razonamiento docente esté influenciado tanto por factores de dominio general como por factores de dominio específico. Los primeros seguramente influenciarán como se enmarcan las situaciones didácticas, mientras que los segundos determinarán la efectividad de las decisiones y acciones del docente en contextos específicos.

Lo que en este artículo identifico como el RPEC de un docente ciertamente tiene grandes áreas de traslape con lo que otros autores definen como “CPC en acción” o como el componente dinámico del CPC. Sin embargo, mi postura es que el RPEC involucra múltiples formas de conocimiento

en acción e interacción con creencias, actitudes y disposiciones de carácter general y específico, y que tratar de separar o distinguir los componentes individuales probablemente es una tarea infructuosa. Sea cual sea la definición del CPC, es cuestionable que actué de manera independiente a otras formas de conocimiento o creencias del docente. Desde esta perspectiva, parte de los esfuerzos de investigación en el área de conocimiento y pensamiento de los docentes de química deberían dirigirse a caracterizar cómo los maestros utilizan sus bases cognitivas y afectivas para enfrentar situaciones didácticas diversas, cómo justifican sus decisiones y acciones, y a qué nivel reconocen las fortalezas y debilidades de sus conocimientos y formas de pensar. En particular, sería importante comparar y contrastar el RPEC de maestros en formación, docentes en sus primeros años en el aula y maestros que se han destacado por la calidad de su docencia. Como ha sido el caso en estudios sobre conocimiento y pensamiento de los estudiantes de ciencias, en los que ha sido productivo cambiar el énfasis de la caracterización de los que estudiante sabe o no sabe al análisis de sus patrones de razonamiento, los estudios de formación y desarrollo docente podrían beneficiarse si más allá de catalogar los tipos de conocimientos que los docentes poseen, los esfuerzos se dirigieran a explorar cómo los maestros utilizan sus recursos cognitivos y afectivos para enfrentar situaciones didácticas diversas.

Referencias

- Abell, S.K., Research on science teacher knowledge. En: Abell, S. K. y Lederman, N. G. (eds.), *Handbook of Research on Science Education* (pp. 1105-1249). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum, 2007.
- Abell, S.K., Twenty years later: Does pedagogical content knowledge remain a useful idea?, *International Journal of Science Education*, **30**(10), 1405-1416, 2008.
- Alonzo, A., Kobarg, M. y Seidel, T., Pedagogical content knowledge as reflected in teacher-student interactions: Analysis of two video cases, *Journal of Research in Science Teaching*, **49**(10), 1211-1239, 2012.
- Ball, D. L., Thames, M. H., y Phelps, G., Content knowledge for teaching: what makes it special?, *Journal of Teacher Education*, **59**, 389-407, 2008.
- Bindernagel, J. A. y Eilks, I., Evaluating roadmaps to portray and develop chemistry teachers' PCK about curricular structures concerning sub-microscopic models, *Chemistry Education Research and Practice*, **10**, 77-85, 2009.
- Blanco, L. J., Mellado, V. y Ruiz, C., Conocimiento didáctico del contenido en ciencias experimentales y matemáticas y formación del profesores, *Revista de Educación*, **307**, 427-446, 1995.
- Cochran, K.F., Deruiter, J.A. y King, R.A., Pedagogical content knowing: An integrative model for teacher preparation, *Journal of Teacher Education*, **44**(4), 263-272, 1993.
- Davidowitz, B. y Rollnick, M., What lies at the heart of good undergraduate teaching? A case study in organic chemistry, *Chemistry Education Research and Practice*, **12**,

- 355-366, 2011.
- Depaepe, F., Verschaffel, L. y Kelchtermans, G., Pedagogical content knowledge: A systematic review of the way in which the concept has pervaded mathematics educational research, *Teaching and Teacher Education*, **34**, 12-25, 2013.
- Drechsler, M. y Van Driel, J., Experienced teachers' pedagogical content knowledge of teaching acid-base chemistry, *Research in Science Education*, **38**, 611-631, 2008.
- Farré, A. S. y Lorenzo, M. G., Conocimiento Pedagógico del Contenido: Una definición química, *Educación en la Química*, **15**(2), 103-113, 2009.
- Fernández-Balboa, J.-M. y Stiehl, J., The generic nature of pedagogical content knowledge among college professors, *Teaching and Teacher Education*, **11**(3), 293-306, 1995.
- Garritz, A. y Trinidad-Velasco, R., El conocimiento pedagógico del contenido, *Educación Química*, **15**(2), 98-102, 2004.
- Garritz, A., Pedagogical content knowledge and the affective domain of scholarship of teaching and learning, *International Journal for the Scholarship of Teaching and Learning*, **4**(2), Article 26, 2010.
- Garritz, A., PCK for dummies, *Educación Química*, **24**(e2), 462-465, 2013.
- Gess-Newsome, J. y Lederman, N.G. (eds.), *Explaining Pedagogical Content Knowledge*. Dordrecht, The Netherlands: Kluwer Academic Publishers, 1999.
- Gess-Newsome, J., Pedagogical content knowledge: An introduction and orientation. En: Gess-Newsome, J. y Lederman, N. G. (eds.), *Explaining Pedagogical Content Knowledge* (pp. 3-17). Dordrecht, The Netherlands: Kluwer Academic Publishers, 1999.
- Kind, V., Pedagogical content knowledge in science education: perspectives and potential for progress, *Studies in Science Education*, **45**(2), 169-204, 2009.
- Lee, E., y Luft, J. A., Experienced secondary science teachers' representation of pedagogical content knowledge, *International Journal of Science Education*, **30**(10), 1343-1363, 2008.
- Loughran, J. J., Mulhall, P. y Berry, A., In search of pedagogical content knowledge in science: Developing ways of articulating and documenting professional practice, *Journal of Research in Science Teaching*, **41**, 370-391, 2004.
- Loughran, J. J., Berry, A., y Mulhall, P., *Understanding and Developing Science Teachers' Pedagogical Content Knowledge*, 2nd edition. Rotterdam: Sense Publishers, 2012.
- Magnusson, S., Krajcik, J. y Borko, H., Nature, sources, and development of the PCK for science teaching. En: Gess-Newsome, J. y Lederman, N. G. (eds.), *Examining Pedagogical Content Knowledge* (pp. 95-132). Dordrecht, The Netherlands: Kluwer Academic Publishers, 1999.
- McEwan, H. y Bull, B., The pedagogic nature of subject matter knowledge, *American Educational Research Journal*, **28**(2), 316-334, 1991.
- Padilla, K., Ponce-de-León, A. M., Rembado, F. M. y Garritz, A., Undergraduate professors' pedagogical content knowledge: the case of 'amount of substance', *International Journal of Science Education*, **30**(10), 1389-1404, 2008.
- Park, S., y Oliver, J. S., Revisiting the conceptualization of pedagogical content knowledge (PCK): PCK as a conceptual tool to understand teachers as professionals, *Research in Science Education*, **38**, 261-284, 2008.
- Rollnick, M., Bennett, J., Rhemtula, M., Dharsey, N., y Ndlovu, T. The place of subject matter knowledge in pedagogical content knowledge: A case study of South African teachers teaching amount of substance and chemical equilibrium, *International Journal of Science Education*, **30**(10), 1365-1387, 2008.
- Segall, A., Revisiting pedagogical content knowledge: The pedagogy of content/the content of pedagogy, *Teaching and Teacher Education*, **20**, 489-504, 2004.
- Shulman, L. S., Those who understand: Knowledge growth in teaching, *Educational Researcher*, **15**(2), 4-14, 1986.
- Shulman, L. S., Knowledge and teaching: Foundations of the new reform, *Harvard Educational Review*, **57**(1), 1-22, 1987.
- Talanquer, V., Formación docente: ¿Qué conocimiento distingue a los buenos maestros de química?, *Educación Química*, **15**(1), 52-58, 2004.