

LA FORMACIÓN DOCENTE Y EL DESARROLLO DE HABILIDADES DE PENSAMIENTO CIENTÍFICO

KIRA PADILLA MARTÍNEZ
FACULTAD DE QUÍMICA, UNAM

TEMÁTICA GENERAL: PROCESOS DE FORMACIÓN

RESUMEN

En las últimas décadas se ha reconocido el pensamiento y las creencias de los docentes como una pieza clave en el proceso de enseñanza y aprendizaje. En este sentido el conocimiento pedagógico de contenido (PCK, por sus siglas en inglés) ha servido como constructo fundamental para explicar cómo está conformado el pensamiento docente. En el presente documento analizaremos algunos modelos de PCK que nos permitirán hacer una reflexión sobre el proceso de formación docente, tanto de profesores de ciencias en servicio como de profesores de ciencias en formación. Así mismo, se planteará la necesidad de incluir las habilidades de pensamiento científico dentro del proceso de formación y como parte fundamental del modelo de PCK propuesto. Se analiza lo que se entiende por habilidades de pensamiento científico y cuál es la importancia de que los docentes las reconozcan y las usen para poder fomentar su desarrollo en los estudiantes.

Palabras clave: Habilidades de pensamiento científico, conocimiento pedagógico de contenido, enseñanza de las ciencias.

Introducción

En 1986, L. Shulman propuso la idea del conocimiento pedagógico de contenido como el paradigma perdido, es decir, no se había puesto atención en cómo los docentes transforman el conocimiento disciplinar en algo comprensible para los estudiantes. Según Abell (2011), Shulman propone este constructo como posible respuesta a la pregunta ¿qué conocimiento es esencial para enseñar?. De ahí sugiere que los docentes poseen un conocimiento base que incluye: conocimiento de la disciplina, conocimiento pedagógico general, conocimiento del currículo, conocimiento pedagógico de contenido, conocimiento del aprendiz y sus características, conocimiento del contexto educativo y conocimiento de los fines, propósitos y valores educativos, así como de las bases

históricas y filosóficas del mismo (Shulman, 1987). Estas ideas son fundamentales porque han sido la base de la construcción de diferentes modelos sobre cómo está constituido el PCK.

Lo que Shulman (1987) define como PCK es *“esa amalgama especial de contenido y pedagogía que involucra el conocimiento, los intereses y responsabilidades de los docentes y que se manifiestan como su forma especial de entender su quehacer profesional... En el PCK se identifican los distintos conocimientos necesarios para la enseñanza. Éste representa la mezcla de contenido y pedagogía en una comprensión sobre cómo tópicos particulares, problemas, o tópicos organizados, representados y adaptados para los diversos intereses y habilidades de los aprendices, y presentados para la instrucción.”* (traducción libre)

Ha sido en esta “identificación de los distintos conocimientos necesarios para la enseñanza” donde desde hace algún tiempo se ha generado la discusión. En este sentido, uno de los primeros modelos esquematizados fue el propuesto por Grossman (1990), quien retoma los aspectos generales propuestos por Shulman, conocimiento de la disciplina (CD) y el conocimiento pedagógico (CP) añadiendo un conocimiento del contexto (CCx) al sistema, con esta contribución, surge un nuevo modelo de los conocimientos base que componen al PCK (Friedrichsen, van Driel, Abell, 2011). El conocimiento del contexto está integrado por el conocimiento de las comunidades, el conocimiento de las escuelas y el conocimiento de qué saben los alumnos. Acorde a este modelo, se concibe al sistema conocimiento de la disciplina, conocimiento pedagógico y conocimiento del contexto como piedra angular o aspectos clave que influyen al PCK y que el profesor traduce para su ejercicio docente (Gess-Newsome, 1999).

Luego entonces, Gess-Newsome propone un modelo distinto para representar el conocimiento pedagógico de contenido. A la luz de las distintas investigaciones sobre el estudio del conocimiento del profesor y, considerando los datos y marcos de análisis sobre la cognición del profesor, crea un “continuo” de los modelos del conocimiento del docente. En este sentido concibe dos extremos; en uno el PCK no existe y el conocimiento del profesor se explica por medio de la intersección de tres constructos: disciplinar, pedagógico y de contexto; los cuales explican la relación PCK - enseñanza como sigue (Gess-Newsome, 1999):

“[...] Enseñar es el acto de integrar el conocimiento a través de estos tres dominios. Por conveniencia, llamaré a esto modelo integrativo [...]” (p. 10)

Por otro lado, el extremo faltante es lo que Gess-Newsome (1999) llama modelo transformativo al que define como: *“la síntesis de todo el conocimiento necesario con el fin de ser un profesor eficaz. En este caso, el PCK es la transformación del conocimiento disciplinar, pedagógico y de contexto en una forma única, la única forma de conocimiento que impacta la práctica de la enseñanza”* (p. 10)

Para hacer la distinción entre el modelo integrativo (MoI) y el modelo transformativo (MoT), Gess-Newsome (1999) hace uso de una fantástica analogía utilizando a la química, cuando dos

materiales son puestos en contacto pueden formar tanto una mezcla (homogénea) o un compuesto. En una mezcla, las propiedades de los materiales se conservan, pero visiblemente hay una total integración, donde los materiales progenitores de la mezcla pueden ser separados. En el caso de los compuestos, estos son creados por procesos que implican la adición o liberación de energía, los materiales progenitores “no pueden separarse fácilmente” y sus propiedades se transforman, esto implica el cambio de estos materiales en una nueva sustancia, la cual tiene propiedades distintas que la distinguen de otras sustancias.

Así que, el modelo integrativo es análogo a una mezcla, en la cual se combinan los dominios del conocimiento disciplinar (CD), pedagógico (CP) y de contexto (CCx) en la práctica docente, donde los dominios progenitores pueden ser detectados en la justificación de una planeación y las decisiones de interacción en el ambiente de enseñanza del aula (Gess-Newsome, 1999).

El modelo transformativo implica que los conocimientos base iniciales están combinados de una manera que son difícilmente distinguibles, ya que generan una nueva forma de conocimiento (PCK). Algo importante que plantea Gess-Newsome es que el conocimiento base: disciplinar, pedagógico y de contexto, son fuentes latentes en y de ellos mismos y son utilizados en la generación del PCK.

Desarrollo

Para este modelo reconocemos que es importante que los docentes, ya sea en formación o en servicio, reconozcan y comprendan los tres conocimientos base propuestos. Sin embargo, partimos de las suposiciones siguientes: La primera de ellas parte de la idea de que los docentes *en formación* deben poseer la “mezcla” de conocimientos, es decir, están en uno de los extremos del modelo y lo que interesa es que al término de su formación estén en el otro extremo. Aquí la pregunta es *¿cuál es el proceso y cuáles son las condiciones que se deben tener para que los estudiantes pasen de la mezcla de conocimientos a formar el “nuevo conocimiento”?*. La segunda suposición consiste en que los docentes *en servicio* ya poseen un PCK, cuyo grado de desarrollo dependerá de varios aspectos entre los que se encuentran: si tienen un mayor o menor nivel de conocimientos en alguno de los dominios base, el grado de profesionalización que posea (entendiendo la profesionalización como la integración de los distintos saberes y habilidades), la reflexión sobre su práctica antes, durante y después de llevarla a cabo, e incluso la motivación personal sobre su profesión. Es decir, quizá algunos docentes se encuentren en el extremo integrativo, otros en el extremo transformativo y otros en el camino entre ambos.

Otro modelo de PCK que ha sido importante en el desarrollo de la investigación educativa y en el proceso de formación docente es el propuesto por Magnusson, Krajcik y Borko en 1999 (MoMKB). Uno de los rasgos característicos y definitorios que proponen es conceptualizarlo como el resultado de una *transformación* de conocimientos de los dominios base: disciplinar, pedagógico y de contexto (Magnusson *et al.*, 1999). De tal manera que establecen cinco componentes que derivan de

esta amalgama: a) orientaciones o enfoques hacia la enseñanza de la ciencia, b) conocimientos y creencias acerca del currículo de la ciencia, c) conocimientos y creencias acerca del entendimiento de los estudiantes de un tópico científico específico, d) conocimientos y creencias acerca de la evaluación en ciencia y, e) conocimientos y creencias acerca de las estrategias de instrucción en la enseñanza de las ciencias. Todos los componentes que conforman el MoMKB dependen no sólo del conocimiento, sino también de las creencias personales de cada docente, he ahí la personalización del PCK, porque las creencias son constructos individuales que nos llevan a tomar decisiones en un sentido u otro.

En un sentido descriptivo del MoMKB sobre las relaciones de estos cinco componentes, el PCK incluye las orientaciones para la enseñanza de la ciencia que asume el docente en distintas condiciones, estas orientaciones están influenciadas por los cuatro componentes restantes, los cuales son independientes entre sí, es decir, no mantienen una relación directa entre ellos, pero si una convergencia para dar cabida a la orientación para la enseñanza de la ciencia (Magnusson, 1999). A pesar de que estos autores sugieren una relación entre los componentes, la forma en la que presentan su modelo da más una idea de mapa conceptual lineal, estático, sin interacción entre los conceptos.

Este rasgo característico y definitorio del MoMKB es importante, ya que tiene un indicador directamente relacionado con la práctica docente, y que es caracterizado con base en la instrucción. Como ya se ha dicho, este modelo ha sido muy utilizado para entender el pensamiento docente y esbozar aquellos conocimientos que utilizan los docentes en su práctica cotidiana. En relación a la formación docente volvemos a sumir dos posturas. Los profesores en formación deberán empezar a desarrollar esta amalgama de conocimientos en la licenciatura, de tal forma que al terminar sus estudios tengan un incipiente PCK y reconozcan la gama de conocimientos que les serán de utilidad cuando inicien su práctica. La otra postura es que los profesores en servicio, se espera posean un PCK más desarrollado y por tanto más de una orientación para la enseñanza de la ciencia, donde la elección, diseño y aplicación esté en función de los objetivos en la enseñanza de un tópico científico específico. En ambos casos se busca que el docente reflexione antes de la acción, durante la acción y después de la acción, en aras de autoevaluar su práctica docente de acuerdo con la orientación implementada.

Finalmente, un tercer modelo que consideramos importante mencionar es el propuesto por Park y Oliver (2008) y que fue modificado por Park y Chen (2012). Ambos modelos se basan en la idea de los componentes del MoMKB, sin embargo, la estructura y las relaciones que manejan entre estos son diferentes. En el modelo hexagonal (MHx) (Park y Oliver, 2008) se proponen seis "componentes" ya que añaden la "eficacia docente"; de tal manera que en cada vértice del hexágono se encuentra un componente y se traza una relación recíproca entre los componentes vecinos. Por ejemplo, las orientaciones se relacionan con el conocimiento del currículo y con el conocimiento sobre la evaluación, estos a su vez se relacionan con el conocimiento de la comprensión de los estudiantes (el primero) y el conocimiento de las estrategias de enseñanza (el segundo), al mismo tiempo estos

se relacionan con la eficacia docente. En el centro del hexágono se encuentra el PCK y rodeándolo dos flechas que indican el proceso de reflexión durante la acción y después de la acción. Este modelo es interesante porque es el primero que ubica como parte fundamental a la reflexión del docente. Lo que no queda claro es porqué incluyen la eficacia docente y cómo esperan evaluarla, sobre todo porque el principio básico es que el PCK es personal.

En este sentido, la modificación a este modelo hexagonal que proponen Park y Chen (2012) tiene que ver con quitar de los componentes a la eficacia docente, dejando únicamente los cinco componentes originales del MoMKB, de tal manera que queda un modelo pentagonal. A éste modelo también le cambian el orden de relación entre los componentes, dejando la comprensión del conocimiento de los estudiantes y de las estrategias de enseñanza relacionados directamente con las orientaciones. En ambos modelos los conocimientos y las creencias del docente influyen en la toma de decisiones relacionadas con la práctica docente.

Un aspecto importante sobre los modelos analizados es que no consideran la forma en que se hace la contextualización del contenido científico. En nuestras investigaciones con docentes de bachillerato y primaria hemos incluido una pregunta que cuestiona la forma en la que el contenido disciplinar va a impactar en el contexto cotidiano de los estudiantes y lo que hace el docente para conseguir ese impacto. Lo que hemos encontrado es que los docentes no hacen esta contextualización o sugieren ejemplos demasiado simples que no permiten que el estudiante comprenda cómo puede ser aplicado este conocimiento dentro de su contexto cotidiano. Reconocemos a este conocimiento de la contextualización científica como un componente más del PCK, que no es equivalente al conocimiento del contexto educativo general o el contexto específico (Carlsen, 1999).

Habilidades de pensamiento científico.

Uno de los problemas y discusiones, que se encuentra en boga en la investigación educativa en ciencias, es el hecho de propiciar el desarrollo de habilidades de pensamiento científico en los alumnos a través de la instrucción. Programas de estudio de asignaturas relacionadas con la ciencia estipulan estos objetivos didácticos, pero aún más trascendente es la razón por la cual están ahí. Resulta ser que el desarrollo de la alfabetización científica en los ciudadanos, no sólo involucra la enseñanza de contenidos y aspectos teóricos en las escuelas (los cuales suelen estar alejados de la vida cotidiana de las personas), sino también las habilidades de pensamiento científico necesarias para formar ciudadanos que sean hacedores de ciencia y no sólo consumidores de ella. Esto les permitirá tener un carácter un tanto autónomo en diversos aprendizajes de tópicos científicos, además de tener la capacidad de resolver problemas complejos en su vida diaria.

Pero, ¿qué se entiende por habilidades de pensamiento científico? El pensamiento científico es definido como la aplicación de métodos y principios de la indagación científica para razonar o resolver situaciones problemáticas, e involucra las habilidades implicadas en la generación, prueba y

revisión de teorías, y en el caso de un desarrollo total de habilidades, el reflejo en el proceso de adquisición y cambio de conocimiento (Zimmerman, 2007).

Estos métodos y principios de la indagación científica son reconocidos por la National Science Education Standards (NRC, 1996) en los planes y programas de estudio de ciencias en los niveles K-8. En estos dice que la indagación es *“una actividad polifacética que implica hacer observaciones, plantear preguntas, examinar libros y otras fuentes de información, para ver qué es lo ya conocido; planificar investigaciones, revisar lo conocido hoy en día a la luz de las nuevas investigaciones, utilizar instrumentos para reunir, analizar e interpretar datos, proponer respuestas, explicaciones y predicciones, y comunicar los resultados”*. Esto es un proceso en el que no basta tener conocimiento de la disciplina en sí misma, sino que va más allá, está relacionado con la naturaleza de la ciencia y con el quehacer científico.

Así que, una pregunta pertinente en este rubro es *¿el docente reconoce las habilidades de pensamiento científico y define su estrategia de enseñanza con base en el tipo de habilidad o habilidades que desea que sus estudiantes desarrollen?* En este sentido, Zimmerman (2007) resalta el hecho de que los niños muestran muchos de los requisitos necesarios para desarrollar el pensamiento científico que no necesariamente se ven en los adultos. Esto es muy importante porque da indicios de la necesidad de desarrollar en los docentes *en formación* estas habilidades, además de la capacidad de reconocerlas. Zimmerman (2007) reconoce que la forma en la que estas habilidades pueden ser promovidas está determinada por el tipo de intervención educativa y que ésta contribuirá a un mejor aprendizaje, retención y transferencia del conocimiento.

Dado lo anterior, consideramos que es trascendente concebir una primera etapa, donde el docente debe desarrollar estas habilidades de pensamiento científico para después diseñar actividades precursoras para desarrollarlas en los alumnos; dicho esto, consideramos que las habilidades de pensamiento científico también deben estar contenidas en el PCK del docente. Por ello sugerimos el modelo que se presenta en la Figura 2. En ella retomamos varios aspectos de los modelos descritos previamente y añadimos otros como es la contextualización del contenido como un componente más del PCK; proponemos tres facetas para la reflexión: antes, durante y después de la acción; y finalmente en un ciclo exterior ubicamos a las habilidades de pensamiento científico.

Las razones por las cuales sugerimos la introducción del conocimiento sobre la contextualización del contenido ya fueron dadas previamente. Las tres facetas de reflexión consideramos que son importantes ya que le permitirán al docente reflexionar sobre los *por qué's*, *para qué's* y los *cómo's* y si se consiguieron los objetivos de aprendizaje.

La idea de plantear las preguntas es facilitar el proceso de reflexión docente el cual debe ser continuo y profundo, ir más allá de una simple reflexión, además, debe estar en función de las necesidades científicas escolares del alumno y de los conocimientos y creencias del docente. Este ejercicio, puede ser la vía para identificar problemas didácticos en el aula, para definir propósitos y

clarificar qué tipo de intervención didáctica conviene realizar, con la finalidad de hacer cambios en la acción docente que permitan alcanzar los objetivos planteados. Todo este mecanismo requiere coleccionar datos derivados de la práctica docente, asumiendo una postura de investigador de la propia intervención didáctica, es decir, implementar la investigación-acción a lo largo de la vida profesional como profesor (Wilson, 2013), y para ello es necesario un proceso de formación.

Finalmente, vamos a argumentar la inclusión de las habilidades de pensamiento científico, las cuales podemos enumerar como sigue:

Planteamiento de preguntas: Esta es una de las habilidades más importantes dentro de la actividad científica ya que sin una buena pregunta no puede haber una búsqueda de respuestas. Preguntar es una habilidad que generalmente tienen los estudiantes, pero que pierden en el transcurso de su formación escolar. Chamizo e Izquierdo (2007) dicen que saber preguntar es una habilidad y saber evaluar la pregunta es una necesidad.

Planteamiento de hipótesis: El planteamiento de hipótesis está muy relacionado a la manera en la que se va a dar respuesta a la pregunta. Es decir, poder imaginar una posible respuesta que guíe el proceso de búsqueda es fundamental.

Diseño y conducción de una investigación: esta habilidad está directamente relacionada con el tipo de pregunta que se plantee, pero permite el desarrollo de otras habilidades científicas relacionadas, como son las habilidades y destrezas procedimentales que tienen que ver con el uso de instrumentos, materiales y equipos.

Pensamiento lógico-matemático: Habilidad entendida como un estilo de pensamiento que está en función de operaciones particulares, procesos y dinámicas matemáticamente reconocibles (Burton, 1984), que no tienen que ver con el pensamiento sobre el contenido matemático.

Modelos y modelaje: Si entendemos las explicaciones científicas como una construcción de modelos que ayudan entender fenómenos naturales complejos, resulta que saber reconocer los modelos y saber modelar fenómenos es una actividad fundamental dentro del contexto de la actividad científica.

Observación: Esta habilidad tiene mucho que ver con las ciencias experimentales y la capacidad de identificar sucesos que pasan en diferentes fenómenos.

Colección de datos y su representación matemática: Esta habilidad está relacionada con la de pensamiento matemático, pero aplicada a las herramientas disponibles para obtener información de una colección de datos disponibles, identificar patrones de comportamiento, reconocer variables, etc.

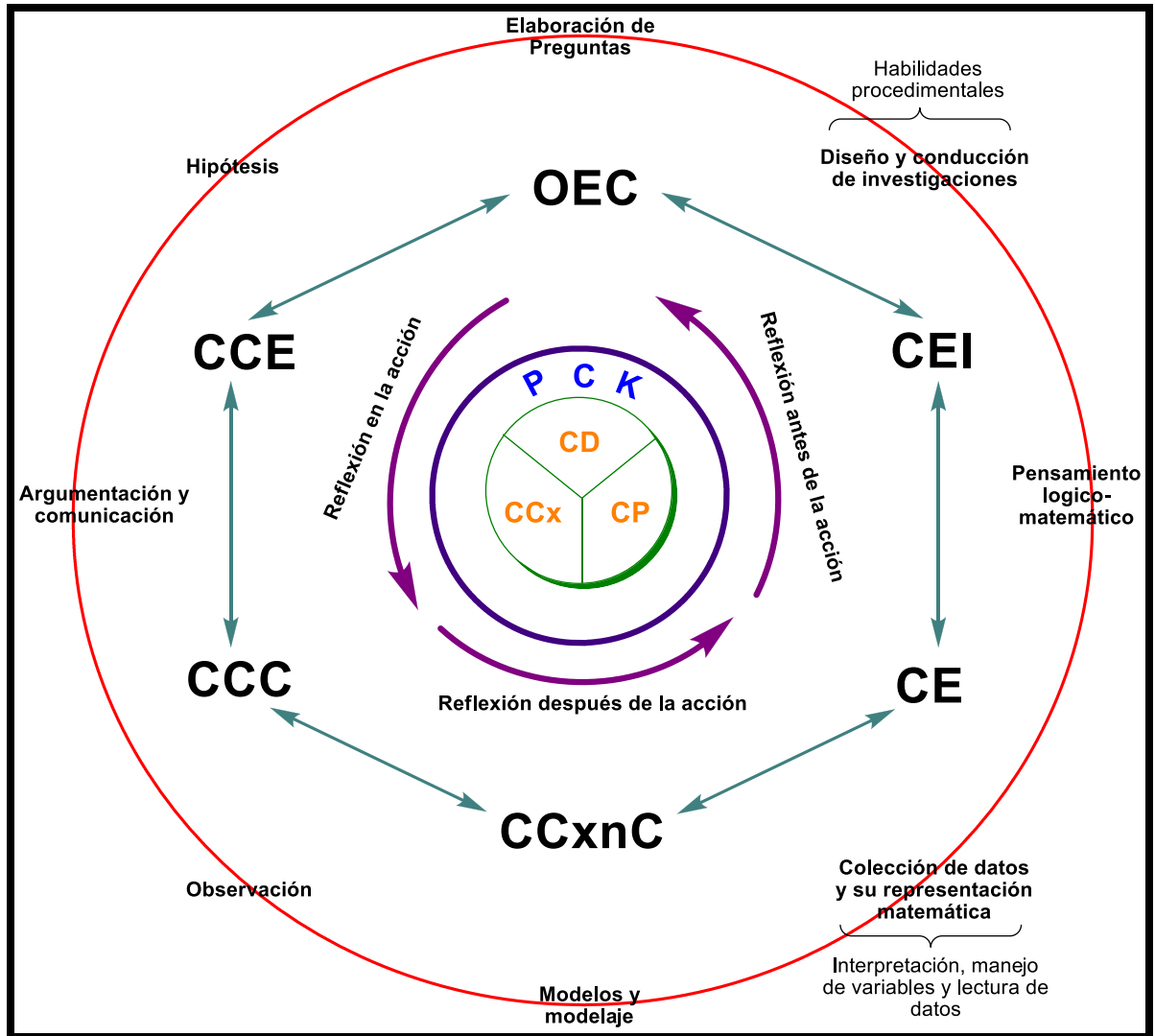


Figura 2. Propuesta de modelo de PCK cuya característica es la implementación del conocimiento del contexto del contenido como otro dominio base, la reflexión durante la acción y las habilidades de pensamiento científico.

Argumentación y comunicación: Esta habilidad tiene que ver con el uso y manejo del lenguaje, pero también con la habilidad de utilizar la información para defender ideas, tomar decisiones informadas y elaborar razonamientos fundamentados.

El desarrollo de habilidades de pensamiento no siempre tiene que ver con el conocer un contenido científico, ya que a veces es posible sólo memorizar datos y conceptos que pueden llegar a ser reproducidos en el aula sin llegar a comprender los conceptos y fenómenos. Por ello, resulta de vital importancia que los docentes en formación al mismo tiempo que aprenden el contenido disciplinar, aprendan a reconocer cuándo están desarrollando habilidades de pensamiento científico. Esta idea es fundamental porque ¿es posible que un docente enseñe algo que no sabe? la respuesta a esta

pregunta es, seguramente no, y mucho menos si no se requiere la memorización.

Sin embargo, diversos investigadores han reportado las dificultades que presentan los docentes de educación básica para desarrollar y evaluar actividades que generen habilidades de pensamiento científico (Loughran, 2007). De hecho, Counsell (2011) comenta que no se espera que los docentes diseñen e implementen oportunidades para que los alumnos hagan experimentos y desarrollen, además de conocimientos, habilidades de pensamiento científico. Por ello se vuelve fundamental que el diseño del currículo para los aprendices de maestro de ciencias fomente la creatividad y el desarrollo de habilidades de pensamiento científico.

Conclusiones

Desde nuestra perspectiva la enseñanza de las ciencias en la educación básica (primaria y secundaria) debería ser sólo un pretexto para fomentar el desarrollo de habilidades de pensamiento científico, ya que esto le permitirá al estudiante aprender a ser autónomo, a buscar sus propias respuestas, a ser analítico, le permitirá razonar y dar argumentos fundamentados, además de la capacidad de desenvolverse en cualquier área del conocimiento, sea o no científica. Para ello, Loughran (2007) sugiere que para conseguir que los docentes alcancen los objetivos que les pide el currículo es importante que ellos mismo se vuelvan aprendices, en el sentido más estricto del término. Es decir, que los docentes de ciencias se vuelvan **aprendices de ciencias**. De tal forma que puedan desarrollarse en tres dimensiones: i) científica, ii) profesional, iii) personal. Asimismo, se busca que sean más reflexivos y que los contenidos disciplinares relacionados con las ciencias no sean una limitante para alcanzar los objetivos de aprendizaje.

Así pues, hemos planteado la construcción de un modelo curricular que, de entrada tenga una buena proporción de conocimiento disciplinar (incluyendo aspectos históricos y filosóficos de la disciplina), conocimiento pedagógico y conocimiento de diferentes contextos a los que se puede enfrentar el docente, es decir aspectos históricos, políticos y sociales del país. De esta forma se tendrá lo que Gess-Newsome (1999) llama PCK integrativo, en el proceso se deben dar las condiciones para que este Mol se reconstituya en lo que esta autora llamó PCK transformativo. De tal forma que durante el proceso se fomente la reflexión, el análisis, y el desarrollo consciente de habilidades de pensamiento. Asegurando que el docente en formación se apropie de su disciplina y conozca y reconozca aquellos conocimientos y orientaciones que le permitirán hacer comprensible los contenidos; además de tener la capacidad de reconocer qué orientación, con qué contenido y qué estrategias le permitirán desarrollar las diferentes habilidades de pensamiento científico. De tal forma que “podamos aspirar a tener más y mejores docentes, que enseñen a pensar de manera que el alumnado aprenda” (Nickerson y otros, 1988).

Referencias

- Burton, L. (1984). Mathematical thinking: the struggle for meaning. *Journal for Research in Mathematics Education*. 15:1, pp. 35-49.
- Bybee, R. W. (2004). Scientific inquiry and science teaching. En Flick, L. B. & Lederman, N. G. (Eds.), *Scientific inquiry and nature of science: implications for teaching, learning, and teacher education* (pp. 1-14). Dordrecht, The Netherlands: Kluwer.
- Carlsen, W. (1999). Domains of teacher knowledge. In J. Gess-Newsome and N. G. Lederman (Eds.), *Examining pedagogical content knowledge*. (pp. 133-144) Dordrecht, The Netherlands: Kluwer Academic Publishers.
- Chamizo, J.A.; Izquierdo, M. (2007). Evaluación de las competencias de pensamiento científico. *Alambique Didáctica de las ciencias experimentales*, 51: pp. 9-19.
- Counsell, S. (2011). Becoming science “Experi-meters”. *Science and Children*. October, 52-56.
- Friedrichsen, P., van Driel, J., Abell, S. (2011). Taking a closer look at science teaching orientations. *Science Education*, 95:2, pp.358- 376.
- Gess-Newsome, J. (1999). Pedagogical Content Knowledge: an introduction and orientation. In J. Gess-Newsome and N. G. Lederman (Eds.), *Examining pedagogical content knowledge*. (pp. 3-17) Dordrecht, The Netherlands: Kluwer Academic Publishers.
- Loughran, J. (2007). Science teacher as learner. In *Handbook of Research on Science Education*, edited by Abell, S. and Lederman, N. Lawrence Erlbaum Associates publishers, New Jersey. pp. 1043-1065
- Magnusson, S., Krajcik, J., & Borko, H. (1999). Nature, sources, and development of the pedagogical content knowledge for science teaching. In J. Gess-Newsome and N. G. Lederman (Eds.), *Examining pedagogical content knowledge*. (pp. 95-132) Dordrecht, The Netherlands: Kluwer Academic Publishers.
- Nickerson, R.S.; Perkins, D.N.; Smith, E.E. (1988). *Enseñar a pensar*. Barcelona. Paidós.
- Wilson, E. (2013). *School-based Research: A guide for education students*. 2nd edition. London, SAGE.
- NRC (1996). *National Research Council National Science Education Standards*. Washington, DC: Academic Press.



- Park, S., Chen, Y. (2012). Mapping out the integration of the components of pedagogical content knowledge (PCK): Examples from high school biology classrooms. *Journal of Research in Science Teaching*, 49:7, 922-941.
- Park, S., Oliver, S. (2008). Revisiting the conceptualisation of pedagogical content knowledge (PCK): PCK as a conceptual tool to understand teachers as professionals. *Research in Science Education*, 38: 261-184.
- Shulman, L. S. (1986). Those Who Understand: Knowledge Growth in Teaching. *Educational Researcher*, 15, 4-14.
- Shulman, L. S. (1987). Knowledge and teaching: Foundations of the new reform. *Harvard Educational Review*, 57: 1, 1-22.
- Zimmerman, C. (2007). The development of scientific thinking skills in elementary and middle school. *Developmental Review*, 27: 172-223.