

**CONCEPTUALIZACIÓN Y DESARROLLO
DEL CPC DESDE LAS PERSPECTIVAS DE
SHULMAN, GROSSMAN Y MAGNUSSON**

El constructo del conocimiento pedagógico del contenido (CPC) fue primero propuesto por Shulman (1986) y desarrollado conjuntamente con sus colegas y alumnos a través del proyecto «Desarrollo del conocimiento en la enseñanza», con el propósito deliberado de construir un modelo de perspectiva amplia que sirva de marco para comprender la enseñanza y el aprendizaje; adicionalmente, con esta categoría se pretende superar la brecha existente entre el conocimiento del contenido y la pedagogía.

Ahora bien, entre los colegas y discípulos de Shulman se destacan los siguientes: Pamela Grossman, quien trabajó en la conceptualización y desarrollo del CPC de profesores de inglés como primera lengua; así como Magnusson, Krajcik y Borko, quienes adaptaron y ajustaron los elementos del CPC formulados por Shulman y Grossman a la enseñanza-aprendizaje de las ciencias. En esta sección del libro se abordan las diferentes perspectivas de los anteriores investigadores.

**LA GÉNESIS DEL CONSTRUCTO «CONOCIMIENTO PEDAGÓGICO DEL CONTENIDO» (CPC)
DESDE LA PERSPECTIVA DE SHULMAN**

El constructo del CPC ha tenido diversos momentos en su consolidación; en este apartado se mencionarán algunos de ellos desde la postura de Lee Shulman (1986, 1987).

El conocimiento del profesor

En la década de los ochenta Shulman retomó como eje fundamental de la investigación el contenido específico de la materia a enseñar, a través de dos elementos fundamentales: una conferencia acerca del aprendizaje y la enseñanza, dictada en la Universidad de Texas, la cual tituló «El paradigma perdido en la investigación sobre la enseñanza», cuyo tema central era el contenido de la materia y su interacción con la pedagogía, y un artículo titulado «Those Who Understand: Knowledge Growth in Teaching», en donde destaca la complejidad de la comprensión del profesor y la transmisión del conocimiento. En ellos Shulman generó unos primeros interrogantes, entre ellos: ¿Cuáles son las fuentes del conocimiento del profesor? ¿Qué saben los profesores y cuándo han llegado a conocer este conocimiento? ¿Cómo es el nuevo conocimiento adquirido y el viejo conocimiento recuperado, será que ambos se combinan para formar una base del conocimiento?

Ahora, las preguntas centrales de la investigación de Shulman (1986) hacen referencia a la transición del estudiante experto a profesor novato. Así, le surgen diversas preguntas: ¿Cómo los estudiantes exitosos que se convierten en profesores novatos transforman la comprensión de un tema específico de la disciplina, con la intención de que los estudiantes de la escuela lo puedan comprender? ¿Cuándo el profesor novato confronta los fallos de los textos escolares o, por el contrario, confunde a los estudiantes con ellos? ¿Cómo el profesor emplea la experticia del manejo del contenido para generar nuevas explicaciones, representaciones o clarificaciones?, ¿Cuáles son las fuentes de analogías, metáforas, ejemplos, demostraciones, etc.? ¿Cómo el profesor novato (o incluso el veterano) representa la comprensión que tiene del tópico específico a enseñar? ¿Qué precio pedagógico está pagando cuando la comprensión del tópico de la materia tiene deficiencias que vienen condicionadas por la educación que ha recibido el docente?

En cuanto a la cognición que posee el enseñante acerca de un tópico específico, el colectivo de investigación dirigido por Shulman abordó los siguientes interrogantes: ¿Cuáles son los dominios y categorías del conocimiento contenidos en las mentes de los profesores? ¿Cómo, por ejemplo, está relacionado el conocimiento del contenido disciplinar y el conocimiento pedagógico general? ¿En qué formas están los dominios y categorías del conocimiento representados en la mente del profesor? ¿Cuáles son las mejores formas de elevar la adquisición y el desarrollo de tal conocimiento? Shulman, percibió estos interrogantes como el eje fundamental para la investigación de la educación del profesor; además, discutió algunas formas del pensamiento acerca de un dominio particular, como el conocimiento del contenido en la enseñanza y algunas de las categorías en él inscritas.

Así pues, Shulman (1986) estudió a profesores novatos, a través de una metodología de perspectiva interpretativa (estudios de caso), utilizando instrumentos de registro de datos, tales como: la observación de las clases, la entrevista, la discusión de los relatos con los profesores, la observación de los materiales relacionados con los contenidos específicos a enseñar; además de recolectar datos a cerca del el programa de educación en que los profesores fueron preparados y sobre impacto de la preparación de las experiencias formales e informales sobre la pedagogía.

Después de haber estudiado a los profesores novatos, construyó unas generalizaciones naturalísticas (Guba & Lincon, 1982), en donde afirma que, para ubicar el conocimiento que crece en las mentes de los profesores con especial énfasis en un tópico específico, habría que definir el constructo de «conocimiento del contenido del profesor», el cual tendría tres categorías, a saber: (a) el *conocimiento del contenido* del tema de la materia, (b) el *conocimiento curricular* y (c) el *conocimiento pedagógico del contenido* (CPC).

En primer lugar, (a) el conocimiento del contenido se refiere a la cantidad y organización del conocimiento *per se* (lo sustantivo y lo sintáctico de la disciplina) en la mente del profesor. Es decir, esto requiere comprender las estructuras del tema de la disciplina de la manera en que la definió el investigador Josep Schwab (1971). Para Schwab, la organización de la disciplina incluye las estructuras sustantivas y sintácticas de la misma, siendo las estructuras sustantivas la variedad de formas en que los conceptos básicos y principios de la disciplina son organizadas para incorporar nuevos hechos, mientras las estructuras sintácticas son el conjunto de formas en que la verdad o la falsedad, la validez o la invalidez son establecidas.

Con respecto a la segunda categoría, (b) el conocimiento curricular, es aquel que le permite al maestro diseñar y desarrollar un completo rango de programas para la enseñanza de temas particulares y tópicos específicos, para cierto nivel de escolaridad, además de la variedad de materiales instruccionales disponibles en relación a esos programas, y el conjunto de características que le sirven, ya sea como indicaciones o contraindicaciones para el uso del currículo particular, así como a manera de materiales del programa en circunstancias singulares.

Shulman (1986) conceptualiza el currículo como la materia médica de la pedagogía, es decir, es la farmacia desde la que el profesor representa esas herramientas de enseñanza que presentan o ejemplifican el contenido particular, remedian y evalúan el adecuado logro del estudiante.

Adicionalmente, el conocimiento de los materiales alternativos del currículo para desarrollar un tema o tópico específico dentro de un grado, debe presentar una coherencia con dos aspectos del conocimiento curricular aquí

descritos: (a) un profesor que haya alcanzado su madurez profesional debe estar familiarizado con los materiales del currículo, de hecho, le corresponde ser consciente de que estos se pueden utilizar al mismo tiempo durante el desarrollo de otro tópico por parte de los estudiantes; así, este conocimiento del currículo lateral resalta la capacidad del profesor para relacionar el contenido dado en un curso o lección con los temas que están siendo tratados de forma simultánea en otras clases; y (b) el conocimiento del currículo vertical está relacionada con los temas que han sido y serán enseñados en la misma área durante la escolaridad y los materiales que los encarnan.

Se debe destacar que, de las tres categorías del conocimiento del profesor, la que más atención ha recibido tanto a nivel de la investigación como de la práctica áulica es la del conocimiento pedagógico del contenido. Lee Shulman (1987) conceptualizó este constructo como «el conocimiento que va más allá del tema de la materia *per se* a la dimensión del conocimiento del tema de la materia para enseñar» (p. 9).

Para Shulman (2001), el CPC representa «la mezcla entre el contenido y la pedagogía por la que se llega a una comprensión de cómo determinados temas y problemas se organizan, se representan y se adaptan a los diversos intereses de los aprendices, y se exponen para la enseñanza» (p. 175).

Por tanto, dentro de la tercera categoría, (c) conocimiento pedagógico del contenido, Shulman (1986) incluyó la mayor parte de tópicos enseñados de una asignatura, las formas más útiles de representar estas ideas, el mayor poder de analogías, ilustraciones, ejemplos, explicaciones y demostraciones; en una palabra, las formas de representar y formular un tópico específico para hacerlo comprensibles para otros; desde luego, no existe una única forma poderosa de representación, el profesor debe de tener un verdadero armamento de formas alternativas de representación; así pues, algunas de estas formas se han derivado de la investigación, mientras otras provienen de la sabiduría práctica.

La base del conocimiento para la enseñanza

En cuanto a uno de los artículos de mayor importancia para el colectivo de investigadores-educadores de habla hispana, «Conocimiento y enseñanza», se puede afirmar que en este el profesor Shulman (1987) transforma el constructo del conocimiento del contenido del profesor en la *base del conocimiento para la enseñanza*, necesaria para que el enseñante se desempeñe con «eficacia» en el acto educativo. Además, resalta cuáles son las fuentes del saber académico y de la experiencia de donde los profesores extraen su comprensión sobre la enseñanza.

Para Shulman (1987) la «base del conocimiento para la enseñanza» debe de tener siete categorías, a saber: (1) conocimiento de la materia impartida; (2) conocimientos pedagógicos generales; (3) conocimiento del currículo; (4) «conocimiento pedagógico del contenido»; (5) conocimiento de los educandos y sus características; (6) conocimientos de los contextos educacionales, y (7) conocimiento de los objetivos, las finalidades y los valores educacionales, y de sus fundamentos filosóficos e históricos.

Por lo que se refiere a las fuentes de los saberes profesionales del enseñante, que le permiten tomar decisiones curriculares e instruccionales para poder realizar el acto educativo, Shulman consideró cuatro: (1) la formación académica en la disciplina a enseñar; (2) los materiales y el entorno del proceso educativo institucionalizado; (3) la investigación sobre la escolarización, y (4) la sabiduría que otorga la práctica misma.

Ahora bien, en la siguiente sección se desarrollan los elementos que juegan un papel crítico en la constitución del CPC de un maestro cuando planea, enseña y reflexiona sobre los resultados de la planeación de un tópico específico y su enseñanza a estudiantes de un contexto particular.

El conocimiento pedagógico del contenido (CPC)

El CPC es quizás la categoría del constructo de la base del conocimiento para la enseñanza que, en los actuales momentos, ha sido asumido por los investigadores en educación como un paradigma (Kuhn, 1970), con su propia ciencia normal y problemas. De ahí que tanto los investigadores como los formadores de formadores se hayan focalizado en la conceptualización de este constructo con la intención de generar estrategias de investigación e instrumentos que permitan capturar, documentar, representar y articular el CPC de profesores que ejecutan unas prácticas ejemplares en donde se abordan los contenidos de las disciplinas. Vale destacar que este constructo tiene sus orígenes en los marcos teóricos de Dewey (2004), en los que él afirmaba que, para enseñar un tópico específico a un grupo de estudiantes, lo primero que debería realizar el enseñante era psicoanalizar el contenido de la materia.

Asimismo, Shulman (1986) conceptualizó el CPC como un sistema iterativo en el que se afectan mutuamente los siguientes elementos: formas de representar y formular los tópicos específicos para hacerlos comprensibles a los estudiantes; conocimientos de las dificultades y concepciones alternativas de los estudiantes, y conocimientos de las estrategias de enseñanza para ayudar a los estudiantes a superar sus dificultades.

Ahora, se puede proceder a conceptualizar las formas de representar y formular un tópico específico como un conjunto de instrumentos representacionales que el enseñante ha construido a través de la reflexión en la ac-

ción y de la reflexión sobre la acción, durante las fases preactiva, interactiva y postactiva del acto educativo, con la intención deliberada de volver un tópico específico accesible a los estudiantes. Así pues, el maestro a través de la planeación, enseñanza y reflexión de un contenido específico, diseña las siguientes representaciones a utilizar durante el proceso de enseñanza-aprendizaje: analogías, ilustraciones, ejemplos, explicaciones, modelos analógicos, laboratorios y demostraciones. Debe destacarse que algunas de estas representaciones provienen de la literatura generada de las investigaciones sobre la enseñanza de la ciencia, en tanto que otras se han producido desde la sabiduría práctica.

Por lo que se refiere a las limitaciones/dificultades y concepciones alternativas de los estudiantes, consideramos que estas incluyen la comprensión de qué puede hacer fácil o difícil el aprendizaje de un tópico específico, además de los modelos intuitivos que los estudiantes de diferentes edades activan y movilizan durante el aprendizaje de la mayoría de los tópicos enseñados. En efecto, el estudio de las concepciones del estudiante y sus influencias en la planeación, enseñanza y aprendizaje de un contenido específico han sido los temas más fértiles de la investigación cognitiva focalizada en el estudiante (Shulman, 1986).

Finalmente, el tercer elemento del CPC se refiere al repertorio de estrategias instruccionales diseñadas por el docente a través de procesos de planeación, enseñanza y reflexión, con el propósito de ayudar a los aprendices a superar sus limitaciones/dificultades en el aprendizaje de un tópico específico, de hecho, estas estrategias le permiten al aprendiz construir modelos más elaborados y así darle sentido a los diferentes fenómenos naturales y físicos del mundo de la vida; vale decir que estos instrumentos de aprendizaje, al igual que las representaciones, puede provenir tanto de la literatura como de la sabiduría práctica (Shulman, 1986).

La próxima sección abordará la forma en que un profesor novato se transforma en experto a través de la identificación y desarrollo de su CPC. Adicionalmente, se tratarán los elementos claves del modelo de razonamiento y acciones inteligentes de los profesores.

El cambio de un profesor novato a experto a través de la modificación de su CPC

Shulman con sus colaboradores, a través de estudios de caso longitudinales realizados a lo largo de tres años, estuvo investigando tanto a profesores en servicio eficientes como a profesores novatos; así pues, observó cómo los profesores novicios evolucionaban hacia profesores expertos. Adicionalmente, evidenció cómo el aprendiz de profesor invierte todo sus recursos

cognitivos para comprender el tópico que desarrollará con los estudiantes; en cambio el profesor experto, que ya comprende lo sustantivo y sintáctico de la disciplina, dedica el recurso cognitivo para reflexionar iterativamente sobre aspectos como el contenido del tema, las metas y los objetivos a alcanzar, los requerimientos para aprender el tópico, las concepciones alternativas de los estudiantes, las estrategias generales para enseñar el tópico, las mejores representaciones y actividades para enseñar el tema, además de los métodos de evaluación adaptados al tópico.

Vale la pena señalar que ambos tipos de profesores tienen como propósito que los estudiantes comprendan con facilidad el tema de la materia, no obstante, el CPC de cada uno de ellos es diferente. Citando a Shulman (2001, p. 182): «Tal como hemos llegado a concebir la enseñanza, ella se inicia con un acto de razón, continúa con un proceso de razonamiento, culmina con la acción de impartir, sonsacar, hacer participar, o seducir, y luego es objeto de mayores reflexiones hasta que el proceso pueda reiniciarse».

Apoyándose en este trabajo investigativo, Shulman diseñó un modelo de razonamiento y acciones pedagógicas que vinculan la comprensión, el juicio y la acción, es decir, que el profesor puede transformar la comprensión, las habilidades o las actitudes en representaciones o acciones pedagógicas. Por lo tanto, él considera que, para que los profesores logren desarrollar el CPC en un tópico específico, deben fundamentar el acto educativo en un ciclo iterativo constituido por los siguientes procesos: la comprensión y el razonamiento; la transformación y la reflexión, lo anterior le permitirá al enseñante tomar las decisiones tanto a nivel curricular como a nivel instruccional, eso sí, ajustadas a las particularidades del aprendiz y al contexto.

De ahí que el propósito de la formación docente no es el de adoctrinar a los enseñantes para que actúen de acuerdo a un currículo prescripto en donde únicamente se dedican a aplicar una serie de conocimientos construidos por los especialistas de forma vertical, sino el de ayudarles a desarrollar instrumentos teóricos y esquemas de razonamiento que fundamenten las decisiones curriculares e instruccionales que toman para enseñar un contenido específico a estudiantes particulares. Adicionalmente, se afirma que la comprensión, el juicio y la acción forman un sistema que posibilita el diseño de estrategias de enseñanza, de tal forma que los estudiantes puedan realizar procesos de comprensión del tema de la materia (Shulman, 1987).

Shulman (2001) señaló que el proceso de enseñanza está condicionado por dos elementos fundamentales, tales como: (a) la toma de decisiones curriculares y (b) la toma de decisiones instruccionales. En cuanto a la primera, se inicia con la planificación reflexiva de su acto educativo; para ello, se selecciona la estructura conceptual del tópico específico, los patrones de

razonamiento que pretende desarrollen los aprendices, las metas a alcanzar a través de la enseñanza de este contenido, los aspectos del tópico que son difíciles tanto para enseñar como para aprender, las posibles concepciones alternativas, además del conocimiento del estudiante particular y de su contexto educativo, de este modo puede decirse que el docente comprende a fondo lo que pretende que sus estudiantes comprendan. El segundo elemento se refiere a las estrategias instruccionales generales para la enseñanza de la disciplina y las estrategias específicas del tópico en cuestión (analogías, metáforas, demostraciones, explicaciones y actividades).

Así, los anteriores elementos permiten replantear una nueva forma de enseñanza, evaluación, reflexión y comprensión para una futura enseñanza del mismo tema de la materia, con lo que se reiniciará un nuevo ciclo de reflexión. Vale la pena resaltar que el modelo de razonamiento y acción pedagógica es dinámico, cíclico e iterativo, en él interaccionan cuatro aspectos: comprensión, juicio, acción y reflexión.

Vale la pena resaltar, que el modelo de razonamiento y acción pedagógica propuesto por Shulman (1987) para fundamentar la toma de decisiones curriculares e instruccionales es un sistema dinámico, cíclico e iterativo, que está compuesto por los siguientes elementos: comprensión, transformación, instrucción, evaluación y reflexión. Este modelo se resume en la Figura 1.1.

CONCEPTUALIZACIÓN Y FUENTES DEL CPC DESDE LA PERSPECTIVA DE GROSSMAN

Grossman (1990) estudió un grupo de seis profesores novatos de inglés que fueron excelentes estudiantes a lo largo de su pregrado; incluso, varios de ellos estaban cursando su doctorado, lo que garantizaba que tuvieran un buen conocimiento del tema de la materia. El grupo se encontraba dividido en dos subgrupos de tres profesores, uno de ellos había cursado durante su carrera de educación cursos formales de currículo e instrucción dirigidos a la enseñanza del inglés (como primera lengua), mientras que los otros se certificaron como enseñantes a través de programas alternativos de certificación; vale la pena anotar que los cursos de formación impartidos durante la carrera de magisterio en los Estados Unidos requieren de una mayor inversión de tiempo y cognición, comparados con los programas de acreditación alternativos. Así pues, Grossman (1990, 2005) trató de evidenciar cómo los cursos específicos sobre una materia condicionan el desarrollo del CPC de los profesores de inglés.

Grossman (1990) considera que la conceptualización de la base del conocimiento para la enseñanza a lo largo del tiempo ha sufrido una evolución

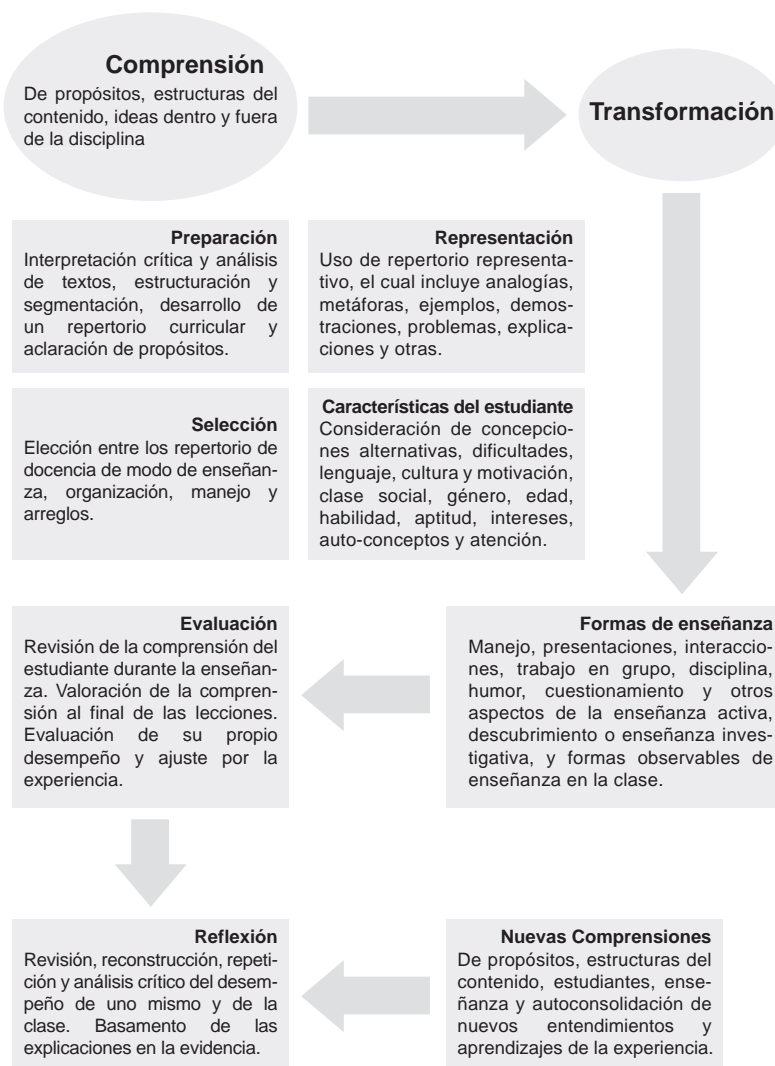


Figura 1.1. Modelo de razonamiento y acción pedagógica propuesto por Shulman (1987) y adaptado por Salazar (2005)

progresiva, visible en las categorías que la componen; así, se ha podido ver, desde los planteamientos de Elbaz (1983), quien consideró que este constructo, al que ella llamó «conocimiento práctico», estaba formado por los siguientes elementos: conocimiento de sí mismo, conocimiento del medio de enseñanza, conocimiento del tema de la materia, conocimiento del desarrollo curricular y conocimiento de la instrucción. Por su parte, Leinhardt y Smith (1985) categorizaron el conocimiento del profesor en el tema de la

materia y el conocimiento de la estructura de las lecciones. Mientras que los investigadores de Stanford (Shulman, 1986, 1987; Wilson, Shulman & Richert, 1987) definieron siete categorías de la base de conocimiento para la enseñanza: conocimiento del contenido; conocimiento de la pedagogía; conocimiento del currículum; conocimiento de los aprendices y el aprendizaje; conocimiento del contexto escolar; conocimiento pedagógico del contenido, y conocimiento de la filosofía educativa, metas y objetivos. Ahora bien, Grossman afirma que mientras los investigadores difieren en sus definiciones de varios de los componentes del conocimiento del profesor, existen cuatro áreas generales que pueden ser vistas como las piedras angulares del trabajo emergente sobre este conocimiento, a saber: conocimiento pedagógico general, conocimiento del tema de la materia, conocimiento pedagógico del contenido y conocimiento del contexto (ver Figura 1.2).

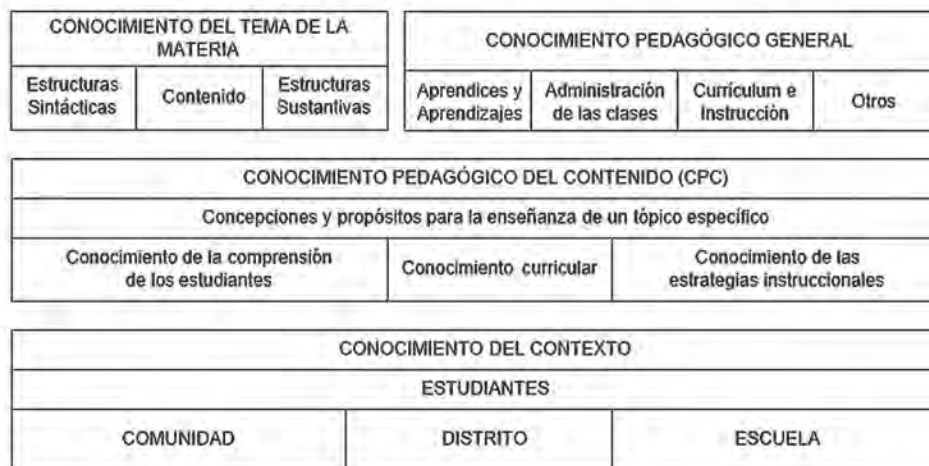


Figura 1.2. Modelo del conocimiento del profesor

Fuente: Grossman, 1990, p. 5.

Grossman (1990) considera que existen complejas interrelaciones entre el CPC, el conocimiento del tema de la materia, la pedagogía y el contexto, y que estas interacciones influyen en la toma de decisiones curriculares e instruccionales. En cuanto al CPC en relación a un contenido específico de la materia, Grossman (1990) declaró que este es un sistema formado por los siguientes elementos: *el conocimiento y las creencias acerca de los propósitos de la enseñanza de la materia*, que son reflejadas en las metas del profesor para la enseñanza de un tópico particular; *el conocimiento curricular de la materia*, que incluye el conocimiento de los materiales curriculares

disponibles para la enseñanza de un tema particular, además, la manera en que podrían ser organizados en el presente y en el futuro los núcleos conceptuales del currículo; *el conocimiento de la comprensión de los alumnos acerca del contenido específico de la materia*, es decir, el conocimiento acerca de lo que los estudiantes ya conocen del tópico en consideración y lo que a ellos probablemente les dificulte el aprender; *el conocimiento de las estrategias curriculares e instruccionales* que permitirán que los aprendices superen sus dificultades. Aunque todos los aspectos que conforman el sistema iterativo del CPC juegan un papel importante en el saber profesional del docente, el elemento que condiciona a los demás es el conocimiento y las creencias acerca de la enseñanza de esa materia, esto significa que las decisiones curriculares e instruccionales que toma el docente están condicionadas por este elemento, al cual Magnusson et al. (2000) denominaron como las orientaciones hacia la enseñanza de las ciencias.

De ahí, Grossman (1990), en su estudio realizado con seis profesores, evidenció que estos compartían el mismo conocimiento de la materia *per se*, no obstante, sus concepciones y creencias acerca de los propósitos de la enseñanza de un tópico específico en diferentes niveles variaron en los dos grupos de profesores, de hecho, esta diferencia condiciona la toma de decisiones curriculares e instruccionales en un tema específico de la materia a enseñar, es decir, estas concepciones encarnadas de la enseñanza de un tema son reflejadas en las metas que el profesor se propone con la enseñanza de un tópico particular.

Otro aspecto esencial del sistema CPC es el conocimiento que tiene el enseñante acerca de la comprensión que posee el aprendiz del tema de la materia, este conocimiento se centra en cómo un estudiante aprende un tópico específico, en otras palabras, el énfasis no se centraliza en cómo los estudiantes aprenden en general, sino que se complementa con el saber la manera en que un estudiante aprende un tema en específico; empero, estos dos tipos de conocimientos no son excluyentes, sino complementarios. De hecho, este elemento es fundamental debido a que informa a la planificación curricular las expectativas y el diagnóstico de los estudiantes.

Adicionalmente, Grossman (1990) logró evidenciar que existe una diferencia notable en cuanto al conocimiento que tienen los profesores de la comprensión que poseen los estudiantes acerca de un tópico específico, entre aquellos enseñantes que cursaron materias relacionadas con la toma de decisiones curriculares e instruccionales en una disciplina y los que no tomaron estos cursos de forma prolongada durante su estudio de pregrado. De lo anterior, afirma que los profesores que no tuvieron esa preparación profesional encontraron difícil inferir las concepciones alternativas y las

posibles dificultades de los aprendices; ahora, en aquellos casos donde pudieron anticipar estas concepciones alternativas, no las utilizaron como un recurso para diseñar estrategias instruccionales que posibiliten al aprendiz superar las dificultades. En cuanto al profesor que sí tuvo esta preparación en su universidad, este deja ver su competencia para intuir los modelos intuitivos de los estudiantes sin mostrarse sorprendido por ellos, sino que los toma como un recurso para planear el diseño de estrategias que permitan a los alumnos comprender el tópico bajo consideración.

El componente final del conocimiento pedagógico del contenido, según Grossman (1990), incluye el conocimiento de las estrategias instruccionales y las representaciones para la enseñanza de un tópico particular. Vale destacar que en cuanto a este aspecto del CPC los profesores experimentados y «eficientes» pueden poseer un rico repertorio de metáforas, modelos analógicos, demostraciones, analogías, simulaciones, experimentos, actividades o explicaciones que son particularmente efectivas para la enseñanza de un tópico particular, mientras que los profesores novatos están todavía en el proceso de desarrollar este repertorio de estrategias instruccionales y de representaciones.

Ahora bien, tomando prestado el término de Dewey (2004), los cuatro aspectos mencionados arriba constituyen un sistema iterativo que conforma el CPC, brindándole al enseñante los instrumentos cognitivos para que pueda psicologizar el tema de la materia, es decir, repensar los tópicos y conceptos disciplinarios para hacerlos más accesibles a los estudiantes.

Después de haber abordado los elementos del CPC desde la perspectiva de Grossman (1990), se ha considerado pertinente tratar las fuentes desde las que el enseñante ha construido de manera progresiva este tipo de conocimiento.

Fuentes del CPC según Grossman

En relación con las fuentes del CPC del enseñante, varias han sido citadas por la literatura relacionada con la cognición del profesor, no obstante, Grossman (1990), para desarrollar su horizonte de sentido acerca de dónde el profesor construye el conocimiento para la enseñanza de un tema específico, se ha focalizado solo en cuatro orígenes, los cuales se desarrollan abajo.

Aprendizaje por observación

En relación a la primera fuente, se ha determinado que el profesor construyen concepciones alternativas acerca de la enseñanza de un contenido específico a través del aprendizaje por observación durante su vida como aprendiz, de hecho, estas son representaciones implícitas y encarnadas en el sistema cognitivo del enseñante (Pozo, 2000) que muestran resistencia al

cambio, incluso después de haber recibido una intervención cognitiva por medio de la instrucción a nivel universitario. Ahora, este aprendizaje por observación contribuye al conocimiento pedagógico del contenido en una variedad de formas, a saber:

- Las experiencias como estudiantes suministran a los profesores novatos diferentes estrategias para orientar la enseñanza de un tópico específico. Es decir, todas aquellas estrategias que los educadores de los profesores novatos utilizaron para que estos aprendieran un contenido específico y, además, que hayan sido significativas para ellos, serán utilizadas por estos para enseñar durante su vida profesional.
- El profesor novato construye su conocimiento de la comprensión que tiene el estudiante sobre un determinado contenido específico, a partir de sus experiencias como estudiante. Así, ellos pueden asumir que sus experiencias como estudiantes fueron representativas y evocan de su memoria permanente sus intereses y capacidades en un tema particular de la materia, para informar su conocimiento acerca de la comprensión del estudiante en ese tópico (concepciones alternativas, dificultades, etc.)
- El aprendizaje por observación puede dar luces sobre el conocimiento curricular del profesor novato, ya que este a lo largo de su experiencia como estudiante está expuesto a secuencias de núcleos conceptuales, así como a los materiales para enseñarlos.

Desde esta perspectiva, se tiene que el aprendizaje por observación ayuda a conservar las formas tradicionales de enseñar y organizar el conocimiento de determinados tópicos. Adicionalmente, se evidencia que el profesor novato cuando es estudiante no logra hacer un discernimiento entre los aspectos curriculares, los materiales y las estrategias utilizadas por su profesor y las metas que este se ha propuesto para con él.

Antecedentes de la disciplina

La literatura sobre las fuentes del conocimiento de los profesores novatos ha dejado ver que estos confían en su saber disciplinar como su principal instrumento para construir el CPC acerca de la enseñanza de un tema de la materia. Así que muchas de las decisiones relacionadas con la selección, secuenciación y temporalización de los contenidos, además de la escogencia de los materiales curriculares vienen condicionadas por su conocimiento de la disciplina *per se*. Por tanto, aquellos enseñantes que tuvieron un buen conocimiento de la disciplina *per se* fueron los que con mayor facilidad pudieron apartarse de la organización del contenido propuesto por los textos escolares;

por el contrario, los que no tuvieron un conocimiento sustantivo y sintáctico de su disciplina dejaron que el texto escolar fuera el que seleccionara, secuenciara y temporalizara los contenidos a enseñar (Grossman, 1990).

Cursos de desarrollo profesional

Grossman (1990, 2005) destaca la importancia que juegan en el desarrollo del CPC del profesor los cursos de «currículum» e «instrucción» en una materia específica, ya que, junto con la experiencia de enseñanza, estos influyen en cómo los profesores enseñan y piensan en relación a su materia. Estos cursos y la experiencia de enseñanza le suministran al profesor unos marcos teóricos para reflexionar sobre la enseñanza de un tópico específico, además de permitirle diseñar y aplicar estrategias instruccionales ajustadas a unos aprendices específicos, de tal forma que estos puedan superar sus dificultades y palear sus diferencias de origen.

Ahora bien, Grossman (2005) considera que un aspecto específico de los cursos de desarrollo profesional es que son diseñados para ayudar a los estudiantes de magisterio a adquirir el conocimiento que subyace a los métodos de enseñanza de un tema particular de la materia, es decir, los cursos acerca de los métodos están articulados con el conocimiento que necesita el enseñante para transformar el contenido de la disciplina *per se* en unas representaciones accesibles a estudiantes particulares. De hecho, una política de mejoramiento de la calidad de la educación debe de focalizarse en el diseño y desarrollo de cursos profesionales tanto para profesores preservicio como para los profesores en servicio, así como permitirle a estos psicoanalizar los temas de la materia para la enseñanza, además de ayudarles a que sus concepciones alternativas acerca de la enseñanza de un tema evolucionen de forma progresiva.

La literatura referente al desarrollo profesional del profesor deja evidenciar que aquellos estudiantes de educación terciaria matriculados en carreras para el magisterio que asumieron los cursos de métodos de enseñanza de un tópico y desarrollo profesional de forma consciente y reflexiva a lo largo de su pregrado, pudieron construir unas teorías marco que les permite ver los problemas de aprendizaje de una manera diferente; en su desempeño el dúo iterativo teoría-práctica se afecta mutuamente, es decir, la teoría ayuda a desarrollar la práctica y la práctica contrasta la teoría. De allí que los enseñantes con esta formación puedan detectar las concepciones alternativas de los estudiantes sin que esto les cause sorpresa o desmotivación, de hecho, las asumen como un recurso para diseñar estrategias curriculares e instruccionales que les permitan a los estudiantes acceder al conocimiento de dicha disciplina.

Adicionalmente, este enseñante, a través de ese sistema iterativo (teoría-práctica), logra ajustar el contenido, la secuencia, los materiales, las metas y

las expectativas de enseñanza al desarrollo cognitivo del aprendiz (Grossman, 2005). Finalmente, aquellos profesores que no han cursado seminarios de currículo e instrucción de un área fundamentan las tomas de decisiones curriculares e instruccionales en su experiencia como aprendices; por consiguiente, si ha sido un estudiante brillante, esperaría que sus aprendices se interesaran y aprendieran como él lo hizo, es decir, que las expectativas y metas estarían desajustadas a las singularidades de los estudiantes, lo cual le impide inferir las concepciones alternativas de estos.

El aprendizaje desde la experiencia

Para finalizar, se puede afirmar que los profesores desarrollan el conocimiento pedagógico del contenido desde la experiencia actual de la clase, dicho de otra forma, a través de ella pueden contrastar los conocimientos que han adquirido por intermedio de otras fuentes. Así pues, el enseñante realiza procesos de reflexión crítica a lo largo de la enseñanza de un contenido específico en torno a las teorías marco, que han sido adquiridas a través de los cursos de métodos y su desarrollo profesional, con la intención de determinar si estas teorías marco pueden adaptarse y ajustarse al contexto nacional, institucional y de aula.

Desde luego, esta interacción entre teoría-práctica y mente-acción les permite a los profesores construir su propio conocimiento en torno a la enseñanza de un tópico particular, sin que estos lleguen a sentir que tal conocimiento proveniente de los especialistas es externo a ellos o, en su defecto, ha sido prescripto de forma vertical por esta comunidad de investigadores para que sea aplicado en las aulas. Asimismo, por medio del trabajo con los estudiantes y en escenarios reales de enseñanza, ellos detectan las concepciones alternativas que poseen los estudiantes en relación a un tópico particular; además, aprenden a diseñar y a evaluar las mejores estrategias, representaciones, metáforas, analogías, demostraciones necesarias para enseñar un tema, de tal forma que este sea más accesible a los aprendices particulares.

Grossman (2005) afirma que sin un marco teórico que fundamente la toma de decisiones curriculares e instruccionales los profesores pueden aprender erróneamente de la experiencia, de hecho, se considera que el marco teórico le permite al profesor interpretar los posibles modelos alternativos que serán de utilidad para diseñar las estrategias adecuadas para que los aprendices superen sus dificultades.

En definitiva, el CPC del enseñante se desarrolla debido a la confluencia de los fundamentos teóricos provenientes de la investigación educativa y la práctica de la enseñanza de un tema particular.

CONCEPTUALIZACIÓN Y ELEMENTOS DEL CPC DEL PROFESOR DE CIENCIAS DESDE LA PERSPECTIVA DE MAGNUSSON

Después de haber hecho un análisis crítico de los diferentes estudios acerca del CPC a lo largo de dos décadas de investigación, parece pertinente centrarnos en el modelo que diseñaron Magnusson, Krajcik y Borko (1999), el cual tuvo su fundamento teórico en los estudios hechos por investigadores como Shulman (1986) y Grossman (1990). Vale la pena resaltar que el estudio realizado por Magnusson y sus colegas se focalizó en la naturaleza y el desarrollo del CPC de los profesores de ciencias.

Magnusson et al. (1999) conceptualizaron el CPC como un sistema complejo constituido por cinco elementos con límites difusos que interactúan sistemáticamente. Ahora, el marco conceptual de esta investigación está apoyado por las siguientes asunciones: (1) el CPC es un conocimiento que es transformado y su mayor poder radica en estar formado por partes; (2) el conocimiento del profesor influye en la ejecución de las clases y en el aprendizaje del aprendiz; (3) los profesores experimentados poseen múltiples representaciones del conocimiento, las cuales les permiten tomar decisiones instruccionales, y (4) los profesores novatos poseen un bajo número de representaciones del tema de la materia, que condicionan sus decisiones instruccionales.

Elementos del CPC desde la perspectiva de Magnusson

Los cinco elementos que conforman el CPC son: a) orientaciones hacia la enseñanza de la ciencia; b) conocimiento y creencias acerca del currículo de la ciencia; c) conocimiento y creencias acerca de la comprensión de los estudiantes de un tópico específico de la ciencia; d) conocimiento y creencias acerca de la evaluación en la alfabetización científica, y e) conocimiento y creencias acerca de las estrategias instruccionales para la enseñanza de la ciencia. Estos son desarrollados a continuación:

Orientaciones hacia la enseñanza de la ciencia

Magnusson et al. (1999) usó el rótulo de «orientación» como una forma de categorizar los diferentes métodos para la enseñanza de la ciencia. Así, conceptualizaron este elemento como el conocimiento y las creencias que posee un profesor en relación a los propósitos y metas que tiene la enseñanza de la ciencia en un nivel particular; asimismo, se puede conceptualizar como las concepciones encapsuladas o encarnadas que el enseñante moviliza al aula para enseñar un tema particular. Vale la pena resaltar que este conocimiento sirve de base para orientar o guiar la toma de decisiones relativas a la planeación, representación, acción y reflexión, alrededor de

temas tales como: objetivos diarios, tareas de los estudiantes, uso de textos, materiales curriculares, actividades, representaciones y evaluación del aprendizaje del estudiante (Magnusson et al., 1999).

Ahora, la investigación en educación en ciencias ha construido nueve categorías de orientación hacia la enseñanza, estas son: procesos, rigor académico, didáctica, cambio conceptual, actividad conducida, descubrimiento, proyecto basado en la ciencia, investigación, e investigación orientada. Vale la pena destacar que cada orientación ha sido descripta de acuerdo a las metas que el profesor pretende sean alcanzadas por sus estudiantes, y también de acuerdo a las características de la instrucción que serían utilizadas por él durante el acto educativo; de esta manera, los investigadores han evidenciado que existe una correlación entre las metas y los atributos de la instrucción (ver Anexo 1).

Debe destacarse que se han llevado a cabo varios estudios en los cuales se desarrollaron unos métodos que permitieron identificar y caracterizar las teorías personales sobre la enseñanza con las que llegan los profesores a los cursos de aprendiendo a enseñar ciencias. De hecho, un resultado interesante de estas investigaciones es que los profesores pueden sostener al mismo tiempo varias orientaciones, cuyas metas son opuestas. Adicionalmente, estos estudios han dejado ver que el elemento de las orientaciones de la enseñanza de la ciencia condiciona los otros cuatro aspectos propuestos por Magnusson et al. (1999) como componentes del CPC.

Conocimiento del currículum

Existen diferentes conceptualizaciones del constructo currículum, por ejemplo: el currículum recibido (lo que los estudiantes aprenden), currículum deliberado (lo que el profesor enseña), el currículum evaluado y el currículum de los textos escolares. No obstante, ninguno de los anteriores permite capturar el elemento curricular del CPC del enseñante; por ello, aquí se ha adoptado la postura de un currículo en términos de lo que un profesor se propone enseñar. Por lo anterior, el currículo propuesto se centra en dos aspectos esenciales, a saber: (a) las metas y los objetivos; (b) los programas curriculares específicos y materiales relacionados con estos tópicos. Vale la pena recordar que Shulman consideró el conocimiento curricular como una categoría de la base de conocimiento para la enseñanza (Shulman, 1986, 1987), sin embargo, Grossman (1990) asumió el conocimiento curricular como un elemento clave del CPC que, adicionalmente, actúa como un atributo que permite distinguir el contenido del especialista, del licenciado de la disciplina, es decir, es la marca del conocimiento pedagógico.

Las fuentes de las que un profesor de ciencias puede extraer las metas y los objetivos que pretende alcancen los estudiantes a través del aprendizaje de un tópico específico son documentos que, en la mayoría de los casos, han sido elaborados por los colectivos de especialistas (Ministerios de Educación), así, estos documentos reciben un nombre en cada país, por ejemplo: *Lineamientos Curriculares para el Área de Ciencias Naturales y Educación Ambiental* (Colombia, MEN, 1998), *Science framework for California public schools kindergarten through grade twelve* (California State Board of Education, 1990), *Michigan essential goals and objectives for science education (K-12)* (Michigan State Board of Education, 1991). En efecto, un profesor competente debe de haber estudiado e internalizado las ideas pertinentes de estos documentos, con el propósito de utilizarlos en la planeación, reflexión y acción del acto educativo.

Otro aspecto importante del conocimiento del currículo lo constituye el conocimiento de los programas y los materiales que son esenciales para la enseñanza de un contenido específico de la ciencia. En cuanto a la decisión curricular que toma el profesor acerca de la secuencia de enseñanza de los núcleos conceptuales, Magnusson et al. (1999) considera que el currículum debe de ser adaptado en niveles, de acuerdo al desarrollo de la población en general, no obstante, le corresponde también ajustarlo al contexto singular de los estudiantes. Ahora bien, el profesor competente debe conocer la articulación vertical y horizontal de los núcleos conceptuales; la primera le permite saber lo que sus estudiantes han aprendido y van a aprender a lo largo de la educación primaria y secundaria; mientras que la articulación horizontal le permite relacionar el tópico de la ciencia que está siendo enseñado con otras ideas que se desarrollaron o desarrollarían en el mismo nivel escolar. Vale la pena destacar que el conocimiento de lo sustantivo y sintáctico de la disciplina, además de ayudarlo a programar la forma de enseñarlo, le permite al enseñante seleccionar y temporalizar los tópicos, de tal manera que no invierta mucho tiempo en el desarrollo de ideas superfluas; en cambio, le dedique el tiempo suficiente a los tópicos esenciales.

En cuanto a los materiales que se deben utilizar para ayudar a los estudiantes a comprender un tópico específico, Magnusson et al. (1999) consideran que la gran mayoría de los profesores asumen el texto escolar como el primer material para la instrucción. Sin embargo, hay recursos materiales que los profesores usan para reemplazar o complementar el texto, tales como el intercambio de conocimiento con otros profesores, las TICs, modelos tridimensionales de moléculas, laboratorios simulados, experiencias anteriores de enseñanza del tópico, conceptos de otras disciplinas, etc.

Conocimiento de la comprensión del estudiante

Este elemento se refiere al conocimiento que debe tener el profesor de los siguientes aspectos: modelos intuitivos acerca del tópico a aprender; ¿cómo aprenden mejor los estudiantes?, ¿cuál es el estilo de aprendizaje de los aprendices?, ¿qué tópicos de la ciencia se les dificulta aprender a los estudiantes? y ¿qué esquemas de razonamiento se requiere que el estudiante haya desarrollado para aprender el tópico en cuestión?

Un profesor competente debe de conocer cuáles esquemas de razonamiento están correlacionados con el aprendizaje de un tópico específico que él pretende que sus estudiantes aprendan, adicionalmente, debe conocer si estos esquemas de razonamiento han sido desarrollados en ese aprendiz particular (Shayer & Adey, 1986). Lo anterior le permite al profesor saber en qué punto comenzar la instrucción.

Magnusson et al. (1999) afirman que los profesores de ciencias deben conocer los modelos intuitivos que han construido sus estudiantes tanto en la interacción en el medio social-natural como durante la instrucción, es decir, conocer las concepciones alternativas que tienen los estudiantes respecto a un tópico otorgará herramientas conceptuales para planear estrategias que generen un «conflicto cognitivo» en el pensamiento del estudiante o hacer que estos tomen conciencia de la existencia de otros modelos sistemáticos que explican el fenómeno en cuestión de manera diferente. Vale la pena señalar que los conceptos científicos frente a los que los estudiantes tienen concepciones intuitivas presentan mayor dificultad para ser aprendidos, a consecuencia de que estas ideas intuitivas son típicamente favorecidas sobre el conocimiento científico, porque ellas son sensibles, coherentes y tienen utilidad para la resolución de los problemas cotidianos del estudiante. En contraste, las metas de los conceptos científicos pueden parecer incoherentes e inútiles para el aprendiz (Driver & Easley, 1978).

Hay que tener en cuenta que no todos los modelos intuitivos poseen el mismo nivel de resistencia a la evolución hacia unos modelos más elaborados, de ahí que el profesor debe realizar un proceso de discernimiento en el que determine aquellas ideas intuitivas que necesitan de un alto poder de cambio conceptual y las concepciones que con un buen método convencional lograrían dicha evolución (Wandersee, Mintzes & Novak, 1994). Se considera que un profesor de ciencias competente debe de conocer las concepciones alternativas que poseen los estudiantes acerca de un tópico específico, con el propósito de interpretar las acciones e ideas de los estudiantes (Magnusson, et al., 1999).

Magnusson et al. (1999) afirman que se han encontrado en la literatura pocos estudios acerca del conocimiento que tienen los profesores de los

modelos intuitivos de sus estudiantes, sin embargo, estos han informado a la comunidad académica de educadores en ciencias que, aunque los profesores tienen algún conocimiento acerca de las dificultades de los estudiantes, a ellos comúnmente les falta conocimiento relevante para ayudar a los estudiantes a superar sus dificultades (Magnusson et al., 1999). Ahora bien, se han realizado estudios donde los profesores de ciencias a partir de la literatura han podido identificar los diferentes modelos intuitivos de un tópico específico, no obstante, cuando se encontraron en el acto educativo fueron incapaces de movilizar estos al aula y de esta manera identificar las concepciones de sus estudiantes (Magnusson et al., 1999). Adicionalmente, existieron profesores que sostenían modelos alternativos acerca del tópico en cuestión semejantes a los de los educandos, de hecho, se concluye que a los profesores les falta un conocimiento crucial para poder ayudar a los aprendices a superar sus dificultades del aprendizaje en un tópico específico.

Otra dificultad que presentan los estudiantes en el aprendizaje de los tópicos hace referencia a la resolución de problemas, esto debido a que los aprendices no han sido preparados para construir sus problemas y diseñar estrategias que les permitan darles solución, al contrario, a lo largo de su escolaridad se les ha enseñado a seguir trayectorias algorítmicas que les permitan llegar a una solución preestablecida, es decir, el enseñante no moviliza al aula auténticos problemas escolares, sino ejercicios numéricos que son necesarios, pero que no son suficientes para desarrollar una comprensión relacional del tópico en cuestión (García, 2003). Así pues, es pertinente que los profesores conozcan los posibles errores conceptuales que el estudiante comúnmente comete al afrontar situaciones problemas tanto de carácter cualitativo como cuantitativo.

Los estudios realizados en torno a este aspecto del CPC de los profesores de ciencias concluyeron que las prácticas reales de enseñanza, complementadas con la reflexión tanto en la acción como después de ella, pueden ayudar al profesor a desarrollar este aspecto, no obstante, un aumento del conocimiento de la comprensión de los estudiantes no garantiza que los profesores puedan responder apropiadamente cuando los estudiantes exhiben estos modelos del sentido común.

Conocimiento de la evaluación en ciencias

Este aspecto del CPC está constituido por dos elementos, a saber: (a) conocimiento de las dimensiones a evaluar en el aprendizaje de las ciencias, tales como: conceptos, procedimientos y actitudes, y (b) conocimiento de los métodos por los que el aprendizaje puede ser evaluado.

Tomando en cuenta la investigación en la educación en ciencias, consideramos pertinente adherirnos a una perspectiva que tiene como propósito el alfabetizar científicamente a la comunidad, para que estos miembros puedan participar activamente tanto a nivel individual, familiar y social en la toma de decisiones científicas en su contexto inmediato. De acuerdo a lo anterior, un profesor de ciencias competente debe de evaluar de manera formativa las dimensiones que la comunidad de investigadores en educación en ciencias ha consensuado, estas son: a) la comprensión conceptual; b) la interdisciplinariedad en los temas; c) la naturaleza de la ciencia; d) la investigación científica, y e) el razonamiento práctico (Magnusson et al., 1999), de hecho, estos elementos hacen parte de los *estándares básicos de competencias de educación en ciencias*.

En la alfabetización científica no todos los tópicos presentan el mismo grado de dificultad para ser evaluados, de allí que el profesor debe conocer cuáles dimensiones o aspectos deberían ser evaluados en una unidad particular. Desde luego, el enseñante competente debe de desarrollar a lo largo de su experiencia profesional varios métodos de evaluación, de tal forma que estos estén correlacionados con las características de los tópicos a evaluar.

Conocimiento de las estrategias instruccionales

Este es otro elemento del CPC; se estructura de acuerdo a los siguientes dos aspectos: (a) conocimiento de las estrategias generales para enseñar la ciencia y (b) conocimiento de las estrategias específicas para hacer que los estudiantes comprendan un tópico específico.

Consideramos que las estrategias generales de la enseñanza de la ciencia tienen una correlación con las orientaciones de la enseñanza, por cuanto estas hacen referencia a cómo orientar el acto educativo con el propósito de que los aprendices comprendan los múltiples tópicos de la disciplina (Magnusson, Krajcik, & Borko, 1999). Al revisar la literatura relacionada con la enseñanza de la ciencia, se ha podido evidenciar que los investigadores han construido estrategias instruccionales que constan de tres o cuatro fases de secuencia, a saber: (a) una fase de exploración; (b) un período de introducción, y (c) un período de aplicación del concepto; luego, los investigadores a esta estrategia le dieron el nombre de «*ciclo de aprendizaje*» (Lawson, Abraham, & Renner, 1989). Según Magnusson et al. (1999), el ciclo de aprendizaje ha sido usado en la enseñanza de la ciencia con diferentes orientaciones, como: instrucción por descubrimiento, instrucción por investigación orientada e instrucción por cambio conceptual. En efecto, diferentes colectivos de investigadores han realizado algunas modificaciones

al ciclo de aprendizaje con la intención de ajustarlos a sus conocimientos y creencias de la enseñanza y aprendizaje de las ciencias.

Al revisar la literatura acerca del conocimiento que poseen los enseñantes de las estrategias para la enseñanza-aprendizaje de la ciencia, se pudo evidenciar que estos desconocen muchas de las estrategias que se han diseñando a partir de una perspectiva constructivista. De hecho, Magnusson et al. (1999) afirman que los profesores se conciben como mal preparados para utilizar de forma eficiente una orientación de la enseñanza fundamentada en una postura constructivista. Por tanto, Anderson y Smith (1987), realizaron una generalización naturalística en la cual afirmaron que el cambio de los profesores de una enseñanza de orientación didáctica o descubrimiento a una enseñanza por cambio conceptual, sin una instrucción explícita en las nuevas estrategias, le generaría confusión al enseñante, haciendo que este aplique las nuevas estrategias de forma prescriptiva o algorítmica, perdiéndose la buena intención del cambio propuesto.

La literatura del CPC ha dejado ver que un conocimiento incipiente del tema de la materia y de la estructura de la pedagogía se encuentra correlacionado con el inefectivo uso de las estrategias instruccionales, de hecho, se sugiere que un desarrollo del CPC requiere una estructuración en las tres categorías siguientes: conocimiento de la materia, conocimiento pedagógico y conocimiento del contexto (Grossman, 1990).

Por lo que se refiere a las estrategias específicas que el enseñante de ciencias moviliza al aula con la intención de que el aprendiz comprenda un tópico específico, se puede afirmar que están compuestas por los siguientes dos aspectos: (a) las actividades y (b) las representaciones.

Frecuentemente los profesores de ciencias se ven abocados a utilizar representaciones que les permiten formular un concepto abstracto, más accesible a sus estudiantes particulares. Para ello, utilizan las analogías, metáforas, demostraciones, laboratorios, modelaciones, etc. Hay que tener en cuenta que un profesor competente debe ser consciente y hacer consciente a los estudiantes de las fortalezas y debilidades de la representación. Por lo tanto, este profesor deberá juzgar y decidir cuándo una representación será útil para apoyar y difundir la comprensión de los estudiantes en una situación particular de enseñanza. Adicionalmente, debe tratar al máximo que el modelo mental del aprendiz no se quede en el nivel de representación concreto, sino que evolucione hacia un nivel de representación abstracto, que le permita explicar los fenómenos naturales y físicos de su contexto cotidiano.

Los investigadores en educación en ciencias han encontrado que un requisito fundamental para construir de forma planeada o espontánea las representaciones de un tópico específico es el manejo sustantivo y sintác-

tico de la disciplina por parte del profesor, es decir, que este elemento del CPC es dependiente del conocimiento del tema de la materia. No obstante, tener suficiente conocimiento de la materia no garantiza que este llegaría a ser transformado en representaciones que ayudarían a los estudiantes a comprender los conceptos, o que los profesores serían expertos decidiendo en qué momento utilizar determinado tipo de representación. Por ello, es importante que, además de conocer la materia *per se*, el enseñante necesita poseer un conocimiento de los siguientes aspectos: (a) posibles dificultades para comprender el tópico en cuestión; (b) estilos de aprendizaje del aprendiz; (c) concepciones alternativas; estos le permiten poder diseñar representaciones que le faciliten al estudiante acceder a los conceptos abstractos de la ciencias.

En cuanto a las actividades específicas de un tópico, puede afirmarse que son los instrumentos que ayudan al profesor a enseñar eficientemente y al aprendiz, a comprender los conceptos específicos y sus relaciones con otros referentes. Ahora bien, las actividades más comunes implementadas en el acto educativo son: problemas, demostraciones, simulaciones, investigaciones o experimentos. Vale la pena destacar que los investigadores en educación en ciencias evidenciaron que los profesores experimentados y reflexivos han construido a lo largo de su experiencia profesional un alto repertorio de actividades que les han facilitado a los estudiantes comprender los tópicos abstractos de la ciencia, por el contrario, un profesor novato carece de este repertorio de actividades (Clermont, Borko & Krajcik, 1994). Adicionalmente, los profesores experimentados demostraron mayor competencia para detectar los errores y declaraciones desorientadas de los aprendices durante el desarrollo de un tópico específico, lo cual les permitió rediseñar la actividad específica con la intención de que los estudiantes superaran las dificultades.

Adicionalmente, los investigadores han evidenciado que el conocimiento de los profesores de las actividades de enseñanza puede ser incrementado a través de los programas de educación, en donde los enseñantes participan de discusiones colegiadas tanto del conocimiento del tema de la materia como de la mejor forma de representarlo, con la intención de volverlas comprensibles. Ahora bien, el desarrollo de este aspecto del CPC está correlacionado con el conocimiento del contenido específico, de hecho, aquellos enseñantes que tienen un excelente conocimiento del tema de la materia están en la capacidad de modificar las actividades ofrecidas por el programa de formación o, incluso, de eliminar algunas que según su perspectiva no estarían contribuyendo eficientemente con las metas propuestas. De otro lado, aquellos profesores novatos que no poseen un fuerte conocimiento del

contenido presentan dificultad para desarrollar procesos de discernimiento acerca de cuál actividad o demostración es la más pertinente para que el aprendiz logre comprender el tópico en cuestión. No obstante, se debe considerar que no es suficiente poseer un excelente conocimiento del tema de la materia, de hecho, para desarrollar este elemento del CPC se deben conocer las dificultades, concepciones alternativas y el contexto del estudiante.

Ahora bien, en la próxima sección de este libro se expondrá cómo el constructo epistemológico del CPC ha influido en algunos programas de educación de desarrollo profesional tanto para profesores en formación como en ejercicio del nivel de educación secundaria.

Después de haber abordado la genealogía del constructo del conocimiento pedagógico del contenido y algunos de los instrumentos metodológicos utilizados por la comunidad de educación en ciencias para identificar, documentar y representar el CPC de un tópico específico, en el próximo apartado se examinan los diferentes obstáculos con los que se enfrentan los estudiantes en el aprendizaje de los tópicos del currículo de la química de la escuela secundaria.