

# Ser maestro de ciencias:

*Productor de conocimiento profesional  
y de conocimiento escolar*

No. 1 Serie grupos



Carmen Alicia Martínez Rivera



UNIVERSIDAD DISTRITAL  
FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS



Universidad  
del Valle

UNIVERSIDAD DISTRITAL  
FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS

UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA  
NACIONAL





# Ser maestro de ciencias: productor de conocimiento profesional y conocimiento escolar

---

Carmen Alicia Martínez Rivera



UNIVERSIDAD DISTRITAL  
FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS



Universidad del Valle    UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL    UNIVERSIDAD DEL CAUCA

**Serie Grupos**  
**No. 11**

Martínez Rivera, Carmen Alicia  
Ser maestro de ciencias : productor de conocimiento profesional y de conocimiento escolar / Carmen Alicia Martínez Rivera. -- Bogotá: Universidad Distrital Francisco José de Caldas, 2017.

180 páginas ; 24 cm.

ISBN 978-958-5434-41-7

1. Formación profesional de maestros de ciencias 2. Ciencias - Enseñanza 3. Calidad de la educación 4. Pedagogía I. Tít.

371.12 cd 21 ed.

A1571147

CEP-Banco de la República-Biblioteca Luis Ángel Arango

© Universidad Distrital Francisco José de Caldas

ISBN Impreso: 978-958-5434-41-7

ISBN Digital: 978-958-5434-42-4

Primera Edición: Bogotá, Colombia, 2017

### **Preparación Editorial**

Doctorado Interinstitucional en Educación

<http://die.udistrital.edu.co/publicaciones>

Sede Universidad Distrital Francisco José de Caldas

Aduanilla de Paiba, Edificio de Investigadores, calle 13 No. 31-75

Asistente editorial [eventosdie@udistrital.edu.co](mailto:eventosdie@udistrital.edu.co)

PBX: (57+1) 3239300, ext.6330-6334

### **Fondo de Publicaciones**

Universidad Distrital Francisco José de Caldas

[www.udistrital.edu.co](http://www.udistrital.edu.co)

Carrera 24 No. 34 - 37

PBX: (57+1) 3239300, ext.6201

[publicaciones@udistrital.edu.co](mailto:publicaciones@udistrital.edu.co)

**Diseño, Corrección de Estilo, Diagramación e impresión:** Editorial Magisterio

**Pintura portada:** Vilma Martínez Rivera. Título Giramar

Esta edición 2017 y sus características son propiedad de la Universidad Distrital José Francisco Caldas, por lo que queda prohibida la reproducción total o parcial por cualquier medio, sin la autorización previa por escrito de los editores.

**UD**  
**Editorial**



**UNIVERSIDAD DISTRITAL  
FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS**

### **Comité Editorial-CADE**

**Álvaro García Martínez**

*Presidente CADE*

**William Manuel Mora Penagos**

*Representante de los grupos de investigación:  
Investigación en Didáctica de las Ciencias,  
Interculturalidad, Ciencia y Tecnología-  
INTERCITEC, GREECE y del Grupo Didáctica  
de la Química-DIDAQUIM, del Énfasis de  
Educación en Ciencias*

**Juan Carlos Amador Baquiro**

*Representante de los grupos de investigación:  
Moralía, Estudios del Discurso, Filosofía y  
Enseñanza de la Filosofía, Grupo de  
investigación Interdisciplinaria en Pedagogía  
de Lenguaje y las Matemáticas-GIIPLyM y  
Jóvenes, Culturas y Poderes, del Énfasis de  
Lenguaje y Educación*

**Rodolfo Vergel Causado**

*Representante de los grupos de investigación:  
Grupo de Investigación Interdisciplinaria en  
Pedagogía de Lenguaje y las Matemáticas  
GIIPLyM, Matemáticas Escolares Universidad  
Distrital-MESCUUD y EDUMAT, del Énfasis de  
Educación Matemática*

**Bárbara García Sánchez**

*Representante del grupo de investigación:  
Formación de Educadores, del énfasis de  
Historia de la Educación, Pedagogía y  
Educación Comparada*

**Harold Castañeda-Peña**

*Representante de los grupos de investigación:  
Aprendizaje y Sociedad de la Información y  
Formación de Educadores, del énfasis de ELT  
EDUCATION*

**Universidad Distrital  
Francisco José de Caldas**

**Carlos Javier Mosquera Suárez**

Rector (E)

**Giovanni Rodrigo Bermúdez Bohórquez**

Vicerrector Académico

**Comité Editorial Interinstitucional-CAIDE**

**Carlos Javier Mosquera Suárez**

Director Nacional

**Alexander Ruiz Silva**

Coordinador DIE

Universidad Pedagógica Nacional

**Álvaro García Martínez**

Director DIE

Universidad Distrital  
Francisco José de Caldas

**Santiago Adolfo Arboleda Franco**

Coordinador DIE

Universidad del Valle



LA AUTORA

Carmen Alicia Martínez Rivera

Es Licenciada en Química de la Universidad Pedagógica Nacional,  
Magistra en Docencia de la Química de la misma universidad,  
y Doctora en Didáctica de las Ciencias Experimentales  
y Sociales de la Universidad de Sevilla.

Vinculada al Doctorado Interinstitucional en Educación  
de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas desde 2006,  
actualmente es Profesora Titular e Investigadora Sénior.  
Dirige la línea de investigación “El Conocimiento Profesional de los  
profesores de ciencias y conocimiento escolar”, desde su creación,  
en el Énfasis de Educación en ciencias del mismo doctorado.  
Fundadora y líder desde el 2001 del Grupo de Investigación  
en Didáctica de las Ciencias (categoría A).



<b>Prólogo</b>	
<b>Tornando-se maestro</b>	13
<b>Agradecimientos</b>	17
<b>Introducción.</b>	
<b>Una reflexión para los profesores de ciencias</b>	19
<b>1. Conocimiento profesional de los docentes y didáctica de las ciencias: ¿qué sabemos de nuestro conocimiento profesional como maestros?</b>	25
1. Introducción	25
2. La didáctica de las ciencias como disciplina de referencia del conocimiento profesional de los docentes de ciencias	27
3. Para reflexionar	35
<b>2. ¿Qué sabemos sobre el conocimiento profesional de los docentes de ciencias?: una mirada desde las investigaciones</b>	39
1. Introducción	39
2. La investigación sobre la enseñanza como base de la investigación del conocimiento del profesor	39
3. Diferentes aportes a la identificación del conocimiento profesional del docente como conocimiento particular	41
4. Investigaciones sobre profesores noveles y profesores expertos	45

5. La investigación del conocimiento profesional del docente de ciencias: de un conocimiento que “reside” en el profesor, al profesor como concededor	47
6. Ejemplos de investigaciones sobre concepciones de los profesores sobre el conocimiento científico	49
7. Ejemplos de investigaciones del conocimiento del profesor sobre el contenido en ciencias	49
8. Ejemplos de investigaciones del conocimiento del profesor sobre contenidos de química	52
9. Ejemplos de investigaciones sobre el conocimiento didáctico del contenido en ciencias	53
10. Algunas investigaciones del conocimiento profesional de los docentes de ciencias desde la perspectiva IRES	54
11. Enfoques de investigación sobre el conocimiento profesional del docente de ciencias	61
12. Crecimiento del interés investigativo sobre el conocimiento del profesor de ciencias	63
13. Para reflexionar	66

### **3. Investigaciones en torno al conocimiento de los estudiantes. ¿Qué sabemos los docentes acerca de él?** 69

1. Introducción	69
2. Conocimiento de los estudiantes y didáctica de las ciencias	69
3. Perspectivas respecto de la comprensión del conocimiento de los estudiantes	72
4. Características del conocimiento de los estudiantes	76
5. Investigaciones sobre el conocimiento de los estudiantes en ciencias	81
6. Investigaciones sobre el conocimiento de los estudiantes en ciencias en el contexto colombiano	88
7. Investigación sobre el conocimiento del estudiante más allá de los contenidos conceptuales	90
8. Proceso de transformación del conocimiento de los estudiantes	91



9. El conocimiento de los profesores de ciencias sobre el conocimiento de los estudiantes	96
10. Para reflexionar	102
<b>4. Particularidades del conocimiento profesional del docente de ciencias y del conocimiento escolar</b>	<b>105</b>
1. Introducción	105
2. Preguntas propias del profesor(a) de ciencias como profesional	105
3. El conocimiento profesional del profesor(a) y el conocimiento escolar: construcción de nuevos mundos	111
4. La investigación de problemas de la práctica profesional: fuente de categorías para la comprensión del conocimiento profesional y el conocimiento escolar	119
5. Para reflexionar	124
<b>5. Propuestas de conocimiento escolar en ciencias: el caso del agua</b>	<b>125</b>
1. Introducción	125
2. Investigaciones sobre el conocimiento escolar en ciencias	125
3. Investigaciones en relación con el conocimiento escolar sobre el agua	132
4. Para reflexionar	147
<b>Referencias</b>	<b>151</b>



## Prólogo Tornando-se maestro

Alice Casimiro Lopes

As discussões sobre trabalho docente e conhecimento profissional do professor, de uma forma geral, são marcadas por perspectivas que tentam projetar uma identidade fixa para o docente. Em função de um determinado projeto de educação, muitas vezes conectados com um determinado projeto de sociedade ou de sujeito social, as teorias educacionais fixam conhecimentos e competências docentes, desconsiderando não apenas as teorias que contemporaneamente operam com o descentramento das identidades. Desconsideram também as dinâmicas das disciplinas escolares: seus saberes, trajetórias, suas especificidades, seus processos de constituição sócio-histórica.

Como uma contribuição a esse amplo debate, que está longe de se esgotar, surge o livro *Ser maestro de ciências*, de Carmen Alicia Martínez Rivera. O livro em questão apresenta uma discussão sobre o conhecimento profissional de professores, tendo em vista suas relações com o conhecimento escolar no campo da Educação em Ciências. Parte de uma revisão de literatura ampla sobre conhecimento profissional, conhecimento escolar, saber docente, concepções alternativas na área de Ciências e Didática das Ciências, chegando a iniciar diálogos profícuos com a história das disciplinas escolares de Goodson e com meus trabalhos em Currículo, no Brasil. Destaca muito claramente que o conhecimento profissional docente é um conhecimento específico (com finalidades sociais específicas, diria Goodson), e que não deve ser tratado como um conhecimento instrumental e técnico.

Tem por objetivo: Identificar que no se trata solamente de un conocimiento del profesor, o un conocimiento del estudiante, sino precisar que frente a unas intenciones particulares se posibilita también la

producción de otros conocimientos que resaltan el acto creativo en la escuela, nos lleva a desarrollar algunas características respecto a las particularidades del conocimiento profesional del profesor de ciencias, en relación con el conocimiento escolar; tema que é abordado particularmente no capítulo 5.

Afirma também muito claramente uma pluralidade de saberes, questionando a interpretação do conhecimento científico como base para o ensino do conhecimento escolar em Ciências. Como afirma Carmen, ao assumir uma perspectiva relativa do conhecimento: “otros conocimientos son posibles [...] el conocimiento científico es importante pero no es el único, ya que podemos ‘ver’ otras especificidades y otros conocimientos”.

O livro se estrutura em uma introdução e cinco capítulos. Há subdivisões em cada capítulo e, com isso, o conteúdo é paulatinamente apresentado, procurando situar o que a literatura consagrada defende e o que autora propõe como possibilidades de investigação teórica e atuação prática. O recurso às diferentes questões em aberto torna o texto aberto à participação do leitor, particularmente professores das escolas, sem assumir postura prescritiva. Na conversa da autora com seus leitores, ela também se mostra como a professora que enfrenta muitos dos desafios apresentados.

Apesar de começar dirigindo-se basicamente aos professores, em tom coloquial e atraente, como quem conversa, não se trata de mera obra de divulgação. De forma clara, apresenta resultados de investigação que buscam correlacionar conclusões de diferentes autores com seu foco central: questionar noções de um professor depositário de saberes em nome de uma profissionalização crítica, centrada na possibilidade de produzir conhecimento. Abre-se também a outros textos, convidando o leitor a fazer o mesmo por meio de muitas indicações bibliográficas.

Com isso, avança em relação aos trabalhos de Educação em Ciências que se circunscrevem aos enfoques epistemológicos e que vêm a psicologia da aprendizagem como ciência capaz de nos fazer compreender como o aluno aprende. Este livro situa, diferentemente, que há processos mais complexos nas relações entre professor/a, alunos e alunas e saberes.

Penso assim que o livro pode ter um impacto positivo na Colômbia e talvez mesmo em outros países da América Latina, tanto nas escolas como nas pesquisas sobre profissionalidade docente. Os caminhos de



leitura do texto, como sempre, são imprevisíveis, como também o são as possíveis interpretações de suas conclusões. Considero, entretanto que ele pode dialogar de maneira interessante com as atuais políticas curriculares da região.

Muitas vezes as políticas educativas e curriculares latino-americanas atuais tentam projetar uma identidade profissional docente submetida ao perfil técnico: o professor visto como implementador de orientações estabelecidas em outros lugares, por outras contingências, esvaziando a docência de uma dimensão de saber e de prática política.

Tais políticas, principalmente as vinculadas ao ensino de Ciências, desconsideram a especificidade de entendimento do pedagógico e tentam, metonimicamente, substituir educação por ensino e ensino por conteúdos, estes últimos compreendidos como decorrentes da lógica científica. Nesse processo, Educação em Ciências é restringida ao processo de transmitir informações científicas.

O livro de Carmen Alicia, nesse contexto, torna-se também uma contribuição tanto para a crítica das atuais políticas restritivas da docência quanto para políticas que restringem a Educação ao Ensino. Principalmente por ser um livro que empodera os professores de Ciências e os interpreta como parceiros na construção do conhecimento escolar.

Como entendo que não há identidades docentes fixas, mas processos discursivos que disputam a significação do que vem a ser a identidade docente, considero o livro de Carmen Alicia como capaz de fazer circular um discurso que entra nessa disputa por identidades docentes não restritas, não técnicas, abertas ao constante processo de tornar-se maestro.

Alice Casimiro Lopes

Universidade do Estado do Rio de Janeiro, 2016



## Agradecimientos

En primer lugar agradezco a la Universidad Distrital Francisco José de Caldas por concederme el año sabático para la elaboración de esta publicación. En segundo lugar, agradezco a todas las personas que han sido parte de este tejido de vida profesional: en particular, mi mayor aprecio a los profesores(as) de Sevilla (España), Brasil, Ibagué (Tolima) y Bogotá, con quienes he compartido y vivido sus experiencias, desde las cuales sigo nutriendo mi caminar; a todos los investigadores con quienes he dialogado en los espacios diversos de los seminarios, congresos, eventos, y demás escenarios, en los que a través de la pregunta, la duda y las posibles respuestas, nos abrigamos para seguir apoyándonos en el curso de esta línea, aún en la distancia de las fronteras de los países; a los diferentes maestros y maestras que en cada etapa de mi formación han tenido para mí una palabra, una idea, un silencio, una fuerza para impulsar esta proyección, a todos(as), mil gracias. Gracias a todos los estudiantes que han sido semillero para esta construcción, desde los más chicos en la práctica pedagógica y primera práctica profesional en la sección primaria, con quienes vivencí mi amor a la docencia y la valoración al ser maestra; a todos los estudiantes de las diferentes universidades, semestres y carreras, con quienes se vislumbraron ejes temáticos de investigación y se fortaleció la idea del ser docente e investigadora en didáctica de las ciencias; a los tesisistas, con quienes no sólo hemos tejido en torno a un conocimiento específico, sino en torno a la necesidad de construirnos como mejores seres humanos, a todos mis estudiantes mil gracias, pues la presencia de todos es la que me hace que hoy viva la experiencia particular del ser y sentirme maestra. En tercer lugar, gracias a mi familia, a mis hermanos y sobrinos, quienes siempre me han abrigado, gracias a Vilma por su apoyo constante. A mis padres que están en el cielo, mil gracias. Y desde el pluralismo, pero sobre todo desde la certeza de mi corazón, doy Gracias a Dios, por todo lo recibido.



### Una reflexión para los profesores de ciencias

---

Estimado(a) profesor(a) o futuro(a) docente: sea usted bienvenido(a) a compartir la lectura de este libro. Este encuentro con usted probablemente es el resultado de las numerosas inquietudes que la profesión como profesor(a) le suscitan, por sus reflexiones respecto a los retos que como profesores(as) de ciencias hemos asumido, y en particular, por nuestro interés compartido de contribuir desde la enseñanza de las ciencias a mejorar nuestra sociedad y aportar a los(as) niños(as) y jóvenes de nuestro país.

Este es un proceso en el que también me encuentro, el cual ha requerido de un constante caminar, en el que desde la investigación y las etapas formativas en torno al conocimiento profesional del profesor de ciencias y el conocimiento escolar he venido realizando en particular desde mi tesis doctoral. Dicho nivel lo alcancé gracias a la beca de Colciencias y al apoyo de la Universidad del Tolima, en la que construimos tanto el semillero “Amigos de las Ciencias” como la propuesta de creación de la revista de ciencias *Tumbaga*, al igual que el grupo “Investigación en Didáctica de las Ciencias”, entre otros.

Esos hechos enriquecieron mis estudios en la Universidad de Sevilla, en la cual, junto con un grupo de profesores de diferentes niveles educativos, que han liderado los procesos de investigación escolar como eje dinamizador de la transformación de la escuela y de nuestra sociedad, fortalecieron la línea de investigación “Conocimiento profesional del profesor de ciencias y conocimiento escolar”, que en la actualidad lidero.

A este tejido se suman los aportes desde la Maestría en Docencia de la Química, realizada en la Universidad Pedagógica Nacional, posgrado que fue apoyado en los años ochenta como parte de la política nacional del momento, en la que la educación y la didáctica de las ciencias fueron consideradas una posibilidad para movilizar el desarrollo de nuestro país. Allí soñamos con las alternativas de enseñanza de las ciencias, la comprensión de nuestros problemas locales y la construcción de propuestas didácticas en torno a la investigación en el medio, la valoración y comprensión de la riqueza de los páramos, de la di-

námica de los suelos, etc., y especialmente en los sueños de nuestros jóvenes.

Quiero compartir con usted, querido(a) profesor(a), este camino, cuyo recorrido es largo, en medio de trochas y dificultades. Surge en un pueblo boyacense, Santa Rosa de Viterbo, en medio del verde “arcoíris” de las montañas y en la contemplación y sencillez de su cotidianidad, aprendiendo a ordeñar vacas, a “mochar” las zanahorias en medio del círculo de mujeres, entre risas y “conversas”; a trepar árboles, coger ciruelas y curubas... En ese regalo brindado por la naturaleza esta niña pudo, en su pueblo, disfrutar las formas de las nubes, ver los huevos de las ranas, jugar con los saltamontes, en fin, disfrutar la belleza y diversidad del país en ese pequeño mundo.

Con la consciencia despierta, y ante las dificultades socioeconómicas y la búsqueda de oportunidades, fui una de esas estudiantes que soñando un mejor futuro proyecté dar lo mejor de mí académicamente para “salir adelante”, como decían mis padres, quienes me fortalecieron con su amor, pues nunca se cansaron de decirme que “la única herencia que me darían sería el estudio”.

Así llegué a mi querida Bogotá, “la ciudad hogar: donde hay para uno hay para dos” y estudié Licenciatura en Química, en la Universidad Pedagógica Nacional, la universidad formadora de docentes. Ser maestra fue el comienzo de este caminar; el significado que recae en esta importante profesión pasa no solo por enriquecer las comprensiones y explicaciones del mundo, sino —en especial— por el proceso de formación, que inicia por recordar que debemos amarnos a nosotros mismos, valorar y disfrutar lo que nos rodea y, ante todo, “ser buenas personas”, no dejar que la calidad humana se minimice respecto de otros intereses.

En este compartir mi caminar con usted, querido maestro, quiero también invitarlo a reflexionar sobre: ¿Por qué somos maestros? ¿Qué ha significado para cada uno ser maestro? ¿Qué ha aprendido en este camino? ¿Qué podríamos compartir con otros, en especial con aquellos que están iniciando? Con seguridad a nuestros recuerdos vendrán esos profesores y profesoras que a través de sus preguntas, reflexiones y tareas han realizado valiosos aportes a nuestras vidas. Y tal como lo expresó una profesora en este libro: “no soy maestra por obligación”, este es uno de los valores que reconocemos en muchos de los actuales maestros, pues esa claridad permite no solo un trabajo con placer, sino que las acciones que un maestro por “profesión” emprende trascienden

el libro guía y, sobre todo, llegan al corazón de los niños y jóvenes, como veremos en algunos de los proyectos educativos aquí tratados.

Es necesario manifestar también la problemática actual del maestro frente a la convergencia de intereses, enunciando solo algunos, porque así como en Brasil se ha pretendido llamar a las maestras de primaria “tías” para generar otro tipo de relación que, como señala Torres (1994), plantea grandes cuestionamientos frente al carácter profesional docente, así mismo en nuestro país, pese a la formación profesional de los maestros en primera infancia y educación infantil, no se entiende cómo el Estado pretende darles el mismo carácter a las madres comunitarias.

Por otra parte, en la búsqueda específica de la comprensión de los maestros de ciencias, he venido preguntándome por el conocimiento profesional que ellos han elaborado, y en particular por el que los maestros colombianos han construido, en los contextos de violencia. ¿Cómo han ayudado y posibilitado desde sus propuestas el sueño que hoy es posible, el de construir la paz? ¿Cuál es el conocimiento profesional de los profesores de ciencias y cuál el conocimiento escolar que necesitamos para fortalecer los procesos de tolerancia, autonomía, democracia, respeto, valor por la vida y honestidad, además del cuidado y uso razonable del medio?

Este libro comparte algunos de los resultados de esa búsqueda y comprensión, así como las preguntas y reflexiones en torno a los maestros de ciencias, a sus conocimientos profesionales y al conocimiento escolar; por eso me pregunto por el profesor como profesional, como intelectual y su relación con un campo disciplinar específico, la didáctica de las ciencias, así como con otras epistemologías, no solo de las ciencias, sino las inherentes al proceso escolar, que nos permiten aludir al conocimiento profesional del profesor y al conocimiento escolar como conocimientos epistemológicamente diferenciados.

En este contexto, me he nutrido con mi experiencia laboral: con los trabajos de reflexión como profesora de Licenciatura en Química y Licenciatura en Ciencias Naturales con énfasis en Educación Ambiental; con la cátedra Francisco José de Caldas; con seminarios en el Doctorado Interinstitucional en Educación; con las investigaciones desarrolladas; con asesorías a tesis doctorales en la línea de investigación “Conocimiento profesional del profesor de ciencias y conocimiento escolar” de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas; con todas las universidades que me han abierto sus puertas para este aprendizaje y el

desarrollo profesional como profesora de química, de didáctica de la química y, en general, con los procesos de formación de profesores, como en el antiguo Departamento de Investigación Educativa (DIE), hoy Instituto para la Investigación Educativa y el Desarrollo Pedagógico (IDEP) del Distrito Capital; pero también, con los trabajos investigativos junto a colegas interesados en la líneas, y en especial los maestros y maestras innovadoras que me han permitido entrar a sus clases, compartir sus trabajos e interactuar con los estudiantes.

Todos estos procesos me han llevado a examinar el contexto de la didáctica de las ciencias como disciplina que posibilita este reconocimiento y este accionar, lo cual presento en el capítulo 2.

Dada la efervescencia investigativa en torno al conocimiento profesional del profesor de ciencias, así como al conocimiento escolar, en el tercer capítulo abordamos ampliamente este importante tema, mediante el análisis a los aspectos centrales de las diversas investigaciones y tendencias investigativas.

En este proceso de aprendizaje como profesionales, reconocer que nuestros estudiantes elaboran un conocimiento particular ha sido un factor fundamental, que se constituye en uno de los problemas de mayor desarrollo en la didáctica de las ciencias; sin embargo, aún quedan muchas e interesantes preguntas y problemas por resolver, aspectos que se abordan en el capítulo 4.

Identificar que no se trata solamente de un conocimiento del profesor, o del estudiante, sino precisar que frente a unas intenciones particulares se posibilita también la producción de otros conocimientos que resaltan el acto creativo en la escuela, nos lleva a desarrollar algunas características respecto a las particularidades del conocimiento escolar por parte del profesor de ciencias, tema que abordamos en el capítulo 5.

Finalmente, en el capítulo 6, y teniendo en cuenta que uno de los contenidos desarrollado en las unidades didácticas de los profesores que han participado en nuestras investigaciones es el agua, a modo de aproximación inicial revisamos varias investigaciones y presentamos resultados que contribuyen a comprender la complejidad que representa aludir al conocimiento profesional y al conocimiento escolar como dos conocimientos con estatuto epistemológico diferenciado.

Todos los capítulos terminan con un apartado que hemos denominado *Para reflexionar*, en el que a modo de preguntas o nuevas situaciones se



abren posibilidades que señalan la relevancia del desarrollo investigativo y del proceso formativo del maestro como profesional. Ello constituye una invitación a seguir en el proceso que cada uno hemos iniciado y que como comunidad necesitamos fortalecer.

Me gustaría en este compartir poder iniciar una retroalimentación con usted a partir de los comentarios, preguntas, aportes y sugerencias que le susciten la lectura de este libro, así que en principio, estaré atenta a través de mi correo, para seguir en este camino y construcción tejida —por ahora— mediante este medio, con hilos invisibles: [camartinezr@udistrital.edu.co](mailto:camartinezr@udistrital.edu.co)



# 1. Conocimiento profesional de los docentes y didáctica de las ciencias: ¿qué sabemos de nuestro conocimiento profesional como maestros?

## 1. Introducción

---

Cuando aludimos al ‘conocimiento profesional de los maestros’ estamos hablando de un conocimiento particular y específico. Precisión resultado de varios procesos de investigación en los cuales, así como es incuestionable que para realizar un análisis químico se requiere un conocimiento especializado en relación con las sustancias y las reacciones químicas, propias de un conocimiento disciplinar, fueron algunos análisis de la medicina y su analogía con la educación los que encaminaron la existencia de un conocimiento particular. Los médicos, para realizar un diagnóstico o practicar una cirugía, requieren de un conocimiento especializado, propio de su disciplina, e igual ocurre respecto al conocimiento en cada profesión, y en cada una es posible identificar dominios aún más específicos, como en los eventos de diagnóstico por parte del especialista en medicina cardiovascular o frente a un caso de disfunción neurológica.

Este tipo de reflexiones y hallazgos permitieron consolidar propuestas que resaltan el carácter particular del conocimiento del profesor. Las investigaciones realizadas por Shulman (2015) *et al.* a mediados de 1970 sobre el pensamiento médico fueron aplicadas en los estudios sobre el razonamiento pedagógico y la toma de decisiones entre docentes, lo que llevó a crear el Institute for Research on Teaching (IRT), que es hoy referente fundamental en la investigación del conocimiento profesional del maestro.

En palabras de Shulman, según entrevista presentada por Berry, Loughran y Van Driel (2008) la creación del Consejo Nacional para la Enseñanza estuvo relacionada con el debate generado en esos momentos en Estados Unidos, dado que una periodista sin formación docente presentó y aprobó un examen para certificar profesores<sup>1</sup> y acto seguido

---

1 En Estados Unidos, a través del National Board, se realiza el proceso de certificación de profesores, como se indica en el enlace: <http://boardcertifiedteachers.org/about-certification/updates>

escribió un artículo en el que cuestionó esta situación. De ese modo se suscitó el debate respecto a: ¿Qué es lo particular del campo de la enseñanza? ¿Qué es lo específico que saben los maestros? ¿Qué se aprende en los programas de formación de docentes? Este proceso se constituyó en una apuesta política que permitió en 1985 transformar el Proyecto de Evaluación del Profesor, en el Consejo Nacional para la Enseñanza, ya que esta se establece por algo más que un examen y es característica central considerar el conocimiento particular del profesor para su reconocimiento como profesional. Recordemos que en nuestro país, en el año 2015 se manifestaron varios movimientos sindicales a favor de reivindicar al profesor como profesional<sup>2</sup>. Es de resaltar que en Colombia las organizaciones sindicales de profesores<sup>3</sup> se han caracterizado, no solo por la elaboración de propuestas y perspectivas críticas de reivindicación salarial, sino también porque han liderado propuestas como el Movimiento Pedagógico, que buscó reconocer la pedagogía como saber del profesor en su calidad de profesional, y en torno al cual se han construido eventos académicos como el Primer Congreso Pedagógico Nacional, realizado en 1987, y la revista *Educación y Cultura*, cuya publicación va ya en el número 115<sup>4</sup>, lo que evidencia su proceso de consolidación (Tamayo, 2006).

Son numerosos los antecedentes y las perspectivas que han posibilitado reconocer el conocimiento profesional de los maestros como un conocimiento particular. En el desarrollo de la investigación sobre el conocimiento del profesor (Martínez, 2009) enfatizamos dos aspectos: uno tiene que ver con las perspectivas epistemológicas consideradas válidas. Por ejemplo, Clark y Peterson (1990) señalan que trabajos como el de Jackson (1968) en su obra *La vida en las aulas* no abordan métodos correlacionales y experimentales relacionados con la preocupación del momento respecto de la eficacia de la enseñanza, sino que buscan comprender y describir los constructos y procesos mentales que guían la conducta de los profesores, de modo que estas perspectivas acerca de cómo producir conocimiento en torno a la enseñanza posibilitan a su vez, o no, construir nuevos ‘objetos de investigación’; de ahí la

2 Ver el enlace de Fecode <http://www.fecode.edu.co/index.php/es/home-es-es/12-noticias-secundarias/286-22-de-abril-dia-historico-para-la-educacion-publica>

3 Por ejemplo, en la Federación Colombiana de Trabajadores de la Educación (Fecode), fundada en 1959, uno de los ejes de trabajo es “Luchar por el proyecto educativo pedagógico alternativo”; ver: <http://fecode.edu.co/index.php/es/quienes-somos/historia>

4 Disponible en <http://fecode.edu.co/index.php/es/revista-virtual>

importancia de reflexionar sobre qué es lo que miramos, con qué ojos vemos, qué nos permite ver.

Otro aspecto central vinculado a la consideración del profesor como profesional, íntimamente imbricado con los 'ojos' que nos permiten o no ver, corresponde a identificar una disciplina particular de la cual esos profesionales se hacen responsables. Como señala Toulmin (1978, p. 268), "una profesión científica debe ser contemplada como una 'entidad histórica', o 'población', cuyo desarrollo institucional es paralelo al desarrollo intelectual de la disciplina por el cual acepta la responsabilidad", que en el caso de los profesores de ciencias corresponde a la didáctica de las ciencias.

## 2. La didáctica de las ciencias como disciplina de referencia del conocimiento profesional de los docentes de ciencias

---

Reconocer la didáctica de las ciencias como disciplina es una etapa que aún identificamos como 'reciente' (Astolfi, 2001). Vislumbramos esta situación en casos como el uso de la palabra 'didáctica', que aparece, por ejemplo, en las frases: "este libro es didáctico", "¡qué clase tan didáctica!", en alusión a cualidades desde las cuales se identifica un libro motivante por sus diseños o estructura, una clase por sus actividades o estrategias, etc. Esta misma función del concepto 'didáctica' la señala el *Diccionario de la lengua española*<sup>5</sup> además relacionada con el 'arte de enseñar': "Propio, adecuado o con buenas condiciones para enseñar o instruir. *Un método, un profesor muy didáctico*", definición en la que se resalta la cualidad en particular del método empleado por un profesor.

De este modo advertimos el paso que se ha dado en la didáctica, al pasar de su consideración como una cualidad, un adjetivo, hacia un 'objeto particular', un sustantivo. Este movimiento, más allá de un cambio gramatical, significó la constitución de nuevos objetos de estudio que llevaron a mirar con otros 'ojos' y elaborar una perspectiva de la enseñanza en la cual, más que un profesor técnico, se pensara en un profesor que construye conocimiento. Esto implicó asumir que el problema

---

5 *Diccionario de la lengua española*, 23.ª ed., Edición del Tricentenario [en línea]. Madrid: Espasa, 2014. Disponible en: <http://dle.rae.es/?id=DhRTzsG>

de enseñar ciencias no es el mismo que el de enseñar matemáticas, circunstancia que ha llevado al gran desarrollo de las diferentes didácticas, de las ciencias, de las matemáticas, etc., como evidenciamos en las revistas de cada una de estas disciplinas.

Hoy día son numerosos los indicadores empíricos que avalan la madurez de la didáctica de las ciencias (Aduriz & Izquierdo, 2002), tales como el de cantidad de producciones anuales, que ha crecido exponencialmente (Gil-Pérez, 1996) y el reconocimiento de la didáctica de las ciencias como área de conocimiento específico y como titulación de posgrado (Gil-Pérez *et al.*, 2000). A finales del siglo XX y comienzos del XXI varios autores contribuyeron a dar cuenta de esta discusión y desde ellos es posible identificar argumentos para la especificidad de la didáctica de las ciencias como disciplina particular. En la Tabla 1 señalamos algunos ejemplos de estos autores.

Registros como estos generan otras reflexiones. El supuesto de que era suficiente con saber el conocimiento de 'la materia' empezó a cuestionarse, y a reconocerse el acto creativo que ocurre en el proceso de enseñanza, pues no es suficiente saber biología para enseñarla, o saber química para enseñar química, etc.; hay que preguntarnos: ¿qué biología?, ¿qué química? Como lo recuerda Shulman (2015), en 1980 Schwab y un grupo de investigadores buscaban desarrollar un currículo de biología, pero no lograban avanzar debido a las diferentes concepciones que tenían como biólogos, por lo que en lugar de proponer una única propuesta curricular construyeron tres propuestas paralelas: biología celular, biología estructural y función, y ecología, discusiones que Shulman (2015) ubica en la base de las ideas diferenciadoras entre estructuras sintácticas y sustantivas de la disciplina.

De modo que aludir a una disciplina no es algo dado, es también un asunto de debate, un proceso de construcción. El pensar las ciencias como disciplinas posibilitó un desarrollo frente al problema de la enseñanza, así por ejemplo, la pretensión de adecuar los currículos a la lógica de las ciencias hizo viable el reconocimiento de problemas específicos en relación con la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias. La opción de pensar que otros conocimientos son posibles y considerar una perspectiva relativa del conocimiento científico ha permitido construir problemas específicos en los que el conocimiento científico es importante, pero no el único, ya que podemos 'ver' otras especificidades y otros conocimientos, verbigracia, el conocimiento escolar y cotidiano. De ahí que dos momentos fundamentales en el desarrollo de la didáctica de las ciencias como disciplina particular han sido



<b>Tabla 1</b> <b>Ejemplos de investigadores que señalan diferentes argumentos respecto de la didáctica de las ciencias como disciplina específica</b>	
<b>Autores</b>	<b>Aspectos señalados</b>
Cañal (1993)	La referencia a la didáctica de las ciencias como disciplina está relacionada, no solo con un nuevo objeto de estudios, enfoque o perspectiva de análisis, un cuerpo de conocimientos teóricos y metodológicos, sino además, con una comunidad de personas interesadas en dicho objeto, que comparten esos conocimientos, así como actitudes y valores progresivamente más ricos y coherentes con la epistemología del conocimiento científico.
Porlán (1998)	Alude al proceso de evolución de la didáctica de las ciencias: etapa predisciplinar, etapa tecnológica (perspectiva positivista de la ciencia), etapa actual (perspectiva relativista de la ciencia).  Señala como problemas de investigación: fines y fundamentos de un modelo alternativo de enseñanza y aprendizaje; construcción de teoría sobre el conocimiento profesional y el escolar; estrategias para la construcción, diseño y experimentación de hipótesis curriculares y propuestas de formación de profesores.
Astolfi (2001)	El trabajo central en la didáctica de las ciencias son 'los saberes escolares disciplinarios', en tres perspectivas: una reflexión sobre los contenidos de enseñanza (perspectiva epistemológica), las condiciones de apropiación de los saberes (tendencia psicológica), las investigaciones sobre la intervención didáctica (tenden  Son posibles tres registros en la didáctica de las ciencias: un registro epistemológico (¿en qué saberes podemos desembocar?), un registro psicológico (¿qué pasa con los alumnos?, ¿en qué condiciones son capaces de apropiarse de los contenidos propuestos?) y un registro pedagógico: (¿en qué condiciones puede y quiere el sistema escolar, y en particular quienes enseñan, hacerse cargo de la innovación?

<b>Tabla 1</b> <b>Ejemplos de investigadores que señalan diferentes argumentos respecto de la didáctica de las ciencias como disciplina específica</b>	
<b>Autores</b>	<b>Aspectos señalados</b>
Zambrano 2002)	<p>La didáctica se ha independizado de la pedagogía, semejante a una ruptura con el progenitor cuando los hijos crecen.</p> <p>- Retoma a Vergnaud (2000), quien ubica en el contexto francés la consolidación de la didáctica de las ciencias como disciplina autónoma en 1975 mediante la creación del Instituto de Investigación en la Enseñanza de las Matemáticas (IREM) en París.</p>
Aduriz e Izquierdo 2002)	<p>Fases: adisciplinar (1900-1950), tecnológica (1950-1970), protodisciplinar (1970-1980), disciplina emergente (1980-2000), disciplina consolidada (2000-hoy).</p> <p>- Indicadores de la didáctica de las ciencias como disciplina: cantidad de producciones anuales (Gil-Pérez, 1996); consolidación de redes difusoras de resultados a nivel mundial, tales como congresos (Sanmartí, 1995); reconocimiento de la didáctica de las ciencias como área de conocimiento específico y de posgrado (Gil-Pérez et al., 2000).</p>
Moreira (2005)	<p>Elabora un análisis de la 'Educación en ciencias' con base en Toulmin (1977), e identifica las siguientes 'cuestiones-foco' de la investigación: enseñanza y aprendizaje de las ciencias, profesorado y currículo de ciencias, contexto de la educación en ciencias.</p> <p>La educación en ciencias como disciplina en Iberoamérica ha venido fortaleciendo el 'foro institucional' dado el importante número de programas de maestría y doctorados que se desarrollan en enseñanza de las ciencias.</p> <p>Señala algunos desafíos, como: discutir los criterios de calidad y la necesidad de un 'nombre propio' del área en los organismos de financiamiento oficial.</p>

<b>Tabla 1</b> <b>Ejemplos de investigadores que señalan diferentes argumentos respecto de la didáctica de las ciencias como disciplina específica</b>	
<b>Autores</b>	<b>Aspectos señalados</b>
Hernández (2001)	<p>Aunque hay grupos de investigadores activos parece que no hay integración entre los investigadores en la enseñanza de las ciencias en Colombia; tampoco es clara la incidencia de los resultados de investigación en los colectivos docentes y en los procesos de formación de nuevos profesores .</p> <p>Se identifican en la Universidad Pedagógica Nacional varias líneas de investigación en torno al doctorado en educación: problemas relacionados con acciones de maestros (creencias, roles, metas y contextos en la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias); elaboración de los conceptos científicos; resolución de problemas y enseñanza de las ciencias; inteligencia artificial y comprensión de procesos de razonamiento; desarrollo y evaluación de los procesos de razonamiento complejo en ciencias; relación entre el conocimiento científico y el conocimiento común a partir de la historia de las ciencias. En la Universidad del Valle, las siguientes líneas de investigación: la relación entre conocimiento común y conocimiento científico en el contexto de la enseñanza, aprendizaje, evaluación y cambio conceptual de las ciencias naturales; desarrollo curricular en las ciencias naturales; relación entre la teoría y la práctica en las ciencias experimentales a través del laboratorio escolar; nuevas tecnologías de la informática y la comunicación y su relación con la educación en ciencias naturales.</p>
Zambrano, Salazar, Candela y Villa (2013)	<p>Registan, en el caso colombiano, las siguientes líneas de investigación en la educación en ciencias: desarrollo curricular en ciencias naturales*; enseñanza-aprendizaje y evaluación; contextos culturales (educación ambiental - educación en ciencias en ambientes no convencionales); nuevas tecnologías de la informática y la comunicación y su relación con la educación en ciencias naturales; conocimiento, pensamiento y formación del maestro; relación del conocimiento científico y conocimiento común; inteligencia artificial y procesos de razonamiento; relación entre teoría y práctica en las ciencias experimentales a través del laboratorio escolar; resolución de problemas, e historia de las ciencias.</p>

\* Se destaca la necesidad de diferenciar entre ciencias naturales y ciencias sociales, tal como se recoge, por ejemplo, en la legislación educativa colombiana, pero también se requiere profundizar en las diferenciaciones: ciencias naturales, ciencias de la naturaleza, ciencias experimentales, etcétera.

la adecuación al desarrollo tecnológico (Figura 1) y la posterior crisis del modelo desarrollista y el cuestionamiento del positivismo con una perspectiva más relativa (Porlán, 1998).

**Figura 1. Evolución de la didáctica de las ciencias**



Fuente: elaboración de la autora con base en Porlán (1998)

Así, de acuerdo con varios autores, en contextos específicos es posible aludir a la didáctica de las ciencias como una disciplina particular (Figura 2), con base en los criterios propuestos por Toulmin (1978). Hay unos problemas objeto de estudio que le son propios, como los de enseñanza y aprendizaje de las ciencias, desde los cuales se ha venido consolidando una comunidad especial que se evidencia en las redes y eventos; además se construyen puntos de vista compartidos sobre la disciplina, aunque es posible encontrar diferencias que no han sido tema de debate —al igual que Moreira (2005) alude a la educación en ciencias, del mismo modo, en el habla anglosajona se refiere a *science education*<sup>6</sup>— y se han venido construyendo teorías, modelos, conceptos particulares que le son propios como disciplina y se elaboran propuestas metodológicas que son cada vez más compartidas.

6 Una de las publicaciones con mayor referencia en la investigación sobre didáctica de las ciencias la constituyen los Handbook of Science Education.



**Figura 2**  
**Algunos criterios para aludir a la didáctica de las ciencias como disciplina particular**



Fuente: elaboración de la autora con base en Toulmin (1978).

En Colombia la construcción de este referente específico ha estado liderada recientemente por algunos autores que la identifican como educación en ciencias, cual señalamos en el caso de Zambrano *et al.* (2013), mientras que en el estado de la cuestión presentado por Hernández (2001) aparece como enseñanza de las ciencias. También es posible establecer diferentes propuestas en torno a la didáctica de las ciencias, probablemente por la influencia de los doctorados españoles realizados por varios autores: didáctica de las ciencias y de la educación ambiental (Mora, 2011); cambio didáctico (Mosquera, 2008); historia de las ciencias (Martínez, 2009); conocimiento profesional y conocimiento escolar (Martínez, 2000); evolución conceptual en relación con el concepto de respiración (Tamayo, 2001); conocimiento didáctico del contenido biológico (Valbuena, 2007); enseñanza de las ciencias y cambio conceptual (Soto, 1998); enseñanza de las ciencias y autorregulación metacognitiva (Angulo, 1998).

Sin embargo, como lo hemos destacado, es posible identificar una tensión respecto a la denominación del campo específico didáctica de las ciencias o educación en ciencias. Así, en el doctorado en Educación de las universidades colombianas Francisco José de Caldas<sup>7</sup>, Pedagógica Nacional y del Valle se alude al énfasis en educación en ciencias, por lo tanto notamos que subyacen tensiones interesantes en la construcción de la teoría que se elabora en el país.

También es de anotar que en Colombia ha primado una visión de la pedagogía como saber fundante de la profesión docente (artículo 8.º del Decreto 709 de 1996<sup>8</sup> y artículo 2.º del Decreto 272 de 1998)<sup>9</sup>, que probablemente ha incidido en una mirada de la didáctica como parte de la pedagogía. Al respecto los autores Lucio (1989) y Vasco (1990), citados por Martínez, Guzmán y Calderón (2005), han realizado valiosos aportes teóricos a este debate y a la construcción de la educación y la pedagogía como disciplinas específicas.

La diferenciación de la pedagogía y la didáctica como disciplinas particulares permite trascender una mirada tecnicista y transmisora de contenidos, hacia una perspectiva del profesor como profesional (Martínez, Guzmán & Calderón, 2005), pues ubicados en un contexto disciplinar específico de enseñanza permite aludir a los cambios, transformaciones, transposiciones y construcciones particulares que él realiza cuando enseña. A pesar de estas investigaciones, sorprenden los esfuerzos por consolidar el programa de estudios científicos en edu-

7 Doctorado Interinstitucional en Educación, con Énfasis en Educación en Ciencias, disponible en: [http://die.udistrital.edu.co/enfasis/educacion\\_en\\_ciencias](http://die.udistrital.edu.co/enfasis/educacion_en_ciencias)

8 En este artículo se señalan los campos en los programas de formación de profesorado, que incluyen, además de la formación pedagógica, formación disciplinaria específica en un área del conocimiento, formación científica e investigativa y formación deontológica y en valores humanos. Destacamos, sin embargo, que en esta norma no se hace alusión a la didáctica. Como señala la investigadora Niño (1999), este decreto (709), junto con el 272, incidieron en el reconocimiento de la identidad profesional de los profesores en Colombia.

9 En él se indica el carácter incluyente de la pedagogía con respecto a la Didáctica, de modo que la pedagogía se considera como disciplina fundante de la educación. Este Decreto 272 define los siguientes “núcleos del saber pedagógico básicos y comunes” para la formación de profesores: la educabilidad, la enseñabilidad, la estructura histórica y epistemológica de la pedagogía, las realidades y tendencias sociales y educativas institucionales, nacionales e internacionales, así como la dimensión ética, cultural y política de la profesión educativa.

cación liderado por Colciencias<sup>10</sup>, que en el año 2000 fue motivo de orgullo, expresado en la frase “La educación sí tiene quien la piense”<sup>11</sup>; el cual influyó en el “florecimiento” de la investigación en educación en Colombia (Tamayo, 1999) y que seguramente llevó a reconocer la investigación en enseñanza de las ciencias como una de las áreas del tomo II de la investigación en Educación y Pedagogía en Colombia, desarrollado por Colciencias y la Sociedad Colombiana de Pedagogía (Henoa & Castro, 2001).

Hoy los estudios científicos sobre educación ya no existen como programas independientes en la organización de Colciencias<sup>12</sup>. Este hecho es relevante de analizar, ya que nos genera cuestionamientos: ¿Por qué una instancia como Colciencias realiza esfuerzos para consolidar la investigación en educación y posteriormente es limitada como programa específico? ¿Qué evaluaciones llevaron a tomar estas decisiones? ¿Qué implicaciones puede tener a futuro en la investigación de los problemas educativos relevantes y la construcción de soluciones a ellos, así como en las propuestas de formación de profesores y de enseñanza, pertinentes en nuestros contextos?

En la actualidad es posible acceder a numerosas revistas y publicaciones, nacionales e internacionales, relativas a la didáctica de las ciencias; señalamos algunas en la Tabla 2.

### 3. Para reflexionar

---

La comunidad académica responsable de la didáctica de las ciencias ha tenido que plantear las diferencias frente a la pedagogía, hecho que Zambrano (2002) ha comparado con la independencia de los hijos respecto de sus padres; de este mismo modo equipara el proceso de autonomía de la didáctica frente a la pedagogía, que lleva incluso a plantear la necesidad de una epistemología escolar.

---

10 Departamento Administrativo de Ciencia, Tecnología e Innovación en Colombia, “Colciencias es la entidad pública que lidera, orienta y coordina la política nacional de ciencia, tecnología e innovación, y el Sistema Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación para generar e integrar el conocimiento al desarrollo social, económico, cultural y territorial del país”, como lo señala en la web institucional, disponible en: [http://www.colciencias.gov.co/sobre\\_colciencias?vdt=info\\_portal%7Cpage\\_6](http://www.colciencias.gov.co/sobre_colciencias?vdt=info_portal%7Cpage_6)

11 Como se tituló la publicación en El Tiempo, disponible en: <http://www.eltiempo.com/archivo/documento/MAM-1257839>

12 Ver [http://www.colciencias.gov.co/programas\\_estrategias](http://www.colciencias.gov.co/programas_estrategias).

<b>Tabla 2</b> <b>Algunas revistas especializadas en didáctica de las ciencias*</b>	
<b>Nombre</b>	<b>Enlace en la web</b>
Enseñanza de las Ciencias (España)	<a href="http://ensciencias.uab.es/">http://ensciencias.uab.es/</a>
Química Nova (Brasil)	<a href="http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_serial&amp;pid=0100-4042&amp;lng=en&amp;nrm=iso">http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_serial&amp;pid=0100-4042&amp;lng=en&amp;nrm=iso</a>
Educación Química (México)	<a href="http://www.revistas.unam.mx/index.php/req/issue/view/2177">http://www.revistas.unam.mx/index.php/req/issue/view/2177</a>
Eureka. Sobre enseñanza y divulgación de las ciencias (España)	<a href="http://reuredc.uca.es/index.php/tavira/issue/archive">http://reuredc.uca.es/index.php/tavira/issue/archive</a>
Aster / Didaskalia (Francia)	<a href="http://documents.irevues.inist.fr/handle/2042/8527">http://documents.irevues.inist.fr/handle/2042/8527</a> <a href="http://documents.irevues.inist.fr/handle/2042/20012">http://documents.irevues.inist.fr/handle/2042/20012</a>
Tecné Episteme y Didaxis (Colombia)	<a href="http://revistas.pedagogica.edu.co/index.php/TED">http://revistas.pedagogica.edu.co/index.php/TED</a>
Investigações em Ensino de Ciências (Brasil)	<a href="http://www.if.ufrgs.br/ienci/#">http://www.if.ufrgs.br/ienci/#</a>
Science in School	<a href="http://www.scienceinschool.org/archive">http://www.scienceinschool.org/archive</a>
Educación y Pedagogía (números especiales 8, 19, 20, 21, 43, 45) (Colombia)	<a href="http://aprendeenlinea.udea.edu.co/revistas/index.php/revistaeyp/issue/archive">http://aprendeenlinea.udea.edu.co/revistas/index.php/revistaeyp/issue/archive</a>
Investigación en la Escuela (España)	<a href="http://www.investigacionenlaescuela.es">www.investigacionenlaescuela.es</a>
Nodos y Nudos (Colombia)	<a href="http://revistas.pedagogica.edu.co/index.php/NYN">http://revistas.pedagogica.edu.co/index.php/NYN</a>
Revista de Educación (España) (números especiales 278, 310)	<a href="http://www.mecd.gob.es/revista-de-educacion/numeros-revista-educacion.html">http://www.mecd.gob.es/revista-de-educacion/numeros-revista-educacion.html</a>
Ciência & Educação (Brasil)	<a href="http://www.fc.unesp.br/#!/ciedu">http://www.fc.unesp.br/#!/ciedu</a>
Revista Educyt (Colombia)	<a href="http://revistalenguaje.univalle.edu.co/index.php/educyt">http://revistalenguaje.univalle.edu.co/index.php/educyt</a>

\* En la tabla hemos incluido revistas de acceso gratuito, pero también hay revistas especializadas cuyo acceso requiere de suscripción con costo. En ocasiones estas revistas permiten el acceso gratuito de algunos artículos; ver, por ejemplo: Journal of Research in Science Teaching en el enlace [http://onlinelibrary.wiley.com/journal/10.1002/\(ISSN\)1098-2736/issues](http://onlinelibrary.wiley.com/journal/10.1002/(ISSN)1098-2736/issues). Son cada vez más numerosas las publicaciones especializadas de acceso gratuito, ver por ejemplo Electronic Journal of Science Education en el enlace <http://ejse.southwestern.edu/issue/archive>.



Esta independencia se ha dado no solo desde la pedagogía, sino también desde los saberes específicos, pues así como precisamos que la química es necesaria, es claro que dentro de este conocimiento disciplinar se den situaciones que desde ciertas particularidades generen autonomía. Dichos procesos han permitido identificar objetos de investigación particulares, formas de producción y validación propios, reconocimiento del profesor de ciencias como productor de conocimiento y profesional, conocimiento escolar y profesional del docente de ciencias como conocimientos particulares, carácter cambiante y complejo de la dinámica escolar como fuente de construcción de este conocimiento, y apertura a una perspectiva más relativa del conocimiento.

Finalmente, proponemos las siguientes preguntas para reflexionar:

¿Qué diferencias consideramos centrales entre el conocimiento didáctico y el de las ciencias?

¿En nuestras propuestas de enseñanza, qué papel desempeñan los diferentes conocimientos? ¿Si enseñamos química consideramos que lo central es llegar al conocimiento de los químicos?

¿Si reconocemos la diversidad cultural de nuestros contextos, qué función cumple esa diversidad en nuestras propuestas de enseñanza?

¿Históricamente cómo se han construido las propuestas de enseñanza de las ciencias en nuestros contextos? ¿Cuáles han sido los criterios de validez? ¿Quiénes han participado?

Cuando seleccionamos un texto escolar, ¿por qué lo elegimos?, ¿Cuáles son nuestros criterios?, ¿Qué caracteriza esas propuestas de enseñanza de los textos escolares?



## 2. ¿Qué sabemos sobre el conocimiento profesional de los docentes de ciencias?: una mirada desde las investigaciones

### 1. Introducción

---

En este capítulo presentaremos algunas consideraciones y aportes de algunos autores con relación al desarrollo de la investigación sobre el conocimiento profesional del docente. Para ello retomaremos estudios que consideramos centrales, como los aportes del grupo de Shulman y del proyecto IRES, así como otros que han venido enriqueciendo esta línea de análisis. No pretendemos realizar una revisión exhaustiva, pero sí hemos elegido varios tópicos de interés que nos permiten comprender lo expuesto.

### 2. La investigación sobre la enseñanza como base de la investigación del conocimiento del profesor

---

Cual lo registramos en el anterior capítulo, es notable el desarrollo de la investigación en didáctica de las ciencias como disciplina que nos convoca a quienes asumimos la responsabilidad de la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias. Ello constituye una cualidad central si tenemos en cuenta —también lo señalamos— que no es lo mismo saber química que enseñar química, pues se requiere de conocimientos particulares, ni es suficiente con el conocimiento en educación o pedagogía, dado que la reflexión en torno al saber específico plantea características diferenciadoras. Si bien la investigación sobre el conocimiento profesional del docente de ciencias ha sido bastante fructífera en los últimos años, en un comienzo no se asumió como un problema de investigación (Martínez, 2009); incluso en los años sesenta y setenta no se aludía al conocimiento del profesor, era un ‘objeto de estudio’ inexistente. En los años ochenta surgió una nueva serie de programas de investigación en los cuales los profesores fueron vistos como los “conocedores”, y el enfoque se orientó a examinar su conocimiento práctico (CE/P) (Abell, 2008).

La investigación estuvo enfocada en sus inicios a asumir un carácter prescriptivo, centrado en las conductas del profesor; luego, desde una

perspectiva cognitiva, y en la actualidad se busca describir y delinear el conocimiento de la enseñanza (Grossman, 1990). En la Tabla 1 indicamos algunos ejemplos de autores con base en estas tres perspectivas.

<b>Tabla 1</b>		
<b>Ejemplos de diferentes perspectivas en la investigación sobre la enseñanza</b>		
<b>Perspectiva</b>	<b>Aspectos señalados</b>	<b>Ejemplo de autores</b>
Centrada en conductas del profesor	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Búsqueda de prescripción de las buenas prácticas.</li> <li>- Mirada causal lineal: los resultados de investigación sobre la enseñanza se pueden traducir en contenidos de formación de profesores.</li> </ul>	Lanier & Little (1986)
Centrada en procesos cognitivos	Se pasó de la prescripción a la descripción sobre cómo los profesores planeaban o tomaban decisiones.	Clark & Peterson (1986)
Centrada en el conocimiento del profesor	‘Conocimiento práctico’, que comprende las siguientes categorías: de sí mismo; del ambiente de enseñanza; de la materia; del desarrollo curricular; de la instrucción.	Elbaz (1983)
	Siete categorías de conocimiento del profesor: del contenido; de la pedagogía; del currículo; de los aprendices y el aprendizaje; de los contextos educativos; del contenido pedagógico; de las filosofías, propósitos y objetivos.	Shulman (1986, 1987)
Fuente: elaboración de la autora con base en Grossman (1990).		

Como señalamos en Martínez (2009), se ha dado una diversidad de tendencias de investigación que contribuyeron a la consolidación de la investigación en el CPPC, proceso en el que destacamos el afianzamiento de una comunidad con criterios particulares que deciden qué es o no válido y la consideración del profesor como profesional que requiere procesos particulares de formación y que produce un conocimiento específico.

Muchos de estos aportes sobre el conocimiento del profesor se realizan desde contextos diferentes a la enseñanza de las ciencias; por ejemplo, Elbaz (1981), citado por Clark y Peterson (1990), trabaja con base en el profesor de lenguas y describe el conocimiento práctico de este a partir de tres formas estructurales: las reglas prácticas, enunciados breves que prescriben cómo comportarse en determinadas situaciones de enseñanza; los principios prácticos, constructos elaborados a partir de la experiencia que orientan y explican la acción; y las imágenes, representaciones mentales sobre lo que es la buena enseñanza. Así entonces, podemos ubicar en estos antecedentes potentes construcciones teóricas de base para comprender el conocimiento profesional de los docentes como conocimiento particular.

### 3. Diferentes aportes en la identificación del conocimiento profesional del docente como conocimiento particular

---

Son numerosos los autores que a finales del siglo XX hicieron valiosos aportes sobre reconocer el conocimiento del profesor como un conocimiento particular. Siguiendo a Toulmin (1972), identificamos un objeto de estudio particular, así como una comunidad específica que construye teorías y acepta la responsabilidad del desarrollo intelectual (Martínez, 2009). En esos trabajos se destaca también el carácter práctico de este conocimiento, su papel en el desarrollo profesional y en la fundamentación teórica de la enseñanza, de modo que se reconoce un lugar propio al profesor, ya no como intermediario, como hacedor de lo elaborado por otros, sino como sujeto productor de conocimiento. Dicha especificidad del conocimiento del docente tiene implicaciones para el desarrollo profesional (Furió, 1994), es un conocimiento práctico que nos permite actuar (Richardson, 1990), con base en las ideas que hemos construido (Pérez & Gimeno, 1988) y esos “conocimientos profesionales” estructuran el proceder del profesor (Bromme, 1988), de modo que él como “sujeto epistemológico” genera nuevas teorías sobre su propia práctica (Kroath, 1989), produce un conocimiento en ese razonamiento práctico que sustenta las prácticas docentes (Fenstermacher, 1997).

Hoy es posible señalar la investigación del profesor de ciencias como una línea de investigación particular que se ha venido desarrollando en la didáctica de las ciencias, tal como lo podemos ver en la Tabla 1 del capítulo 2. Desde este reconocimiento de las particularidades del conocimiento del profesor, y en el contexto del desarrollo de la didáctica de las ciencias como disciplina particular, autores como Gil en España<sup>1</sup> y Ana María Pessoa en Brasil (Gil & Pessoa, 1992) han señalado la necesidad de conocer y cuestionar lo que denominaron “el pensamiento docente de sentido común”; entre otros aspectos, aluden a que los docentes elaboramos un conocimiento sobre la enseñanza a partir de “una impregnación ambiental”, conocimiento que desde el planteamiento de dichos autores es necesario cuestionar (ver Tabla 2), ya que realzan la necesidad de hacer explícito ese conocimiento de sentido común, reflexionarlo y enriquecerlo, así como construir propuestas fundamentadas de formación profesional de docentes. En otras palabras, y en términos de Fenstermacher, (1997), preguntarnos por los principios y argumentos del razonamiento práctico para ayudarle al profesor a estimar y evaluar estos principios y argumentos.

Uno de los investigadores centrales del conocimiento profesional es el estadounidense Lee Shulman, formado en psicología y filosofía<sup>2</sup>, quien junto con otros colegas estudia el pensamiento de médicos expertos en los procesos de diagnóstico. Desde sus trabajos en educación este autor destaca el carácter complejo de la enseñanza e indica que esta es tan compleja como la medicina; alude a un proceso creativo y constructivo cuando afirma que en él “los maestros desarrollan formas más poderosas de conocimiento de la materia” (Shulman, 2015). Esta especificidad del conocimiento del profesor llevó a Shulman (1987) a proponer un modelo de razonamiento y acción pedagógicos, que involucra: la comprensión de objetivos, estructuras de la materia, e ideas dentro y fuera de la disciplina: transformación, incluye la preparación, representación, selección, adaptación y ajuste a las características de los alumnos; instrucción: tiene que ver con el manejo, las presentaciones, las interacciones, el trabajo grupal, la disciplina, la formulación de preguntas y otros aspectos de la enseñanza activa; evaluación: verificar la comprensión de los alumnos y de nuestro desempeño, y adaptarse a las experiencias; reflexión: revisar, reconstruir, representar y analizar críticamente nuestro desempeño y el de la clase, y fundamentar las expli-

1 En la siguiente dirección web podemos encontrar un gran número de publicaciones realizadas por el profesor Daniel Gil en la Universidad de Valencia: <http://www.uv.es/gil/publicaciones.htm>

2 Un recorrido por su proceso investigativo y listado de publicaciones es posible hacerlo en la página personal: <http://www.leeshulman.net/biography/>

<b>Tabla 2</b> <b>Algunos aspectos a conocer y cuestionar del pensamiento docente de sentido común</b>
<b>Pensamiento docente de sentido común</b>
“Conocer la existencia de un pensamiento espontáneo de lo que es enseñar ciencias (fruto de una impregnación ambiental que hace difícil su transformación) y analizarlo críticamente.
Cuestionar la visión simplista de lo que es la ciencia y el trabajo científico.
Cuestionar la reducción habitual del aprendizaje de las ciencias a ciertos conocimientos y (a lo sumo) algunas destrezas, olvidando aspectos históricos, sociales [...]
Cuestionar el carácter ‘natural’ del fracaso generalizado de los alumnos y alumnas en las materias científicas.
Cuestionar la atribución de las actitudes negativas hacia la ciencia y su aprendizaje a causas externas.
Cuestionar el autoritarismo (explícito o latente) de la organización escolar y, en el polo opuesto, el simple <i>laissez-faire</i> (Ausubel, 1978; Hodson, 1987).
Cuestionar el clima generalizado de frustración asociada a la actividad docente.
Cuestionar, en síntesis, la idea de que enseñar es fácil”.
Fuente: elaboración de la autora a partir de Gil y Pessoa (1992).

caciones en evidencias; nuevas maneras de comprender los objetivos, la materia, los alumnos, la enseñanza y a sí mismo; consolidación de nuevas maneras de comprender y aprender de la experiencia.

Shulman (1987) destaca el carácter constructivo del conocimiento del profesor, y es que cuando enseñamos estamos aprendiendo. Por eso surgen cuestionamientos como: ¿Qué saben nuestros estudiantes particulares? ¿Qué dificultades suelen presentarse? ¿Qué dinamiza los procesos escolares? ¿Cuál suele ser la participación de los padres de familia? ¿Qué problemas identifican los estudiantes en el contexto?, etc. Así, estamos frente al “pantano de los problemas importantes” que nos describe Schön (1996) desde las comparaciones entre lo que denomina las tierras altas o las pantanosas, las ciencias duras o las ciencias blandas, por ello nos invita a reconocer esas particularidades de nuestra profesión: “Los profesionales, como médicos, administradores y docentes, también reflexionan en la acción, pero su reflexión es de un tipo particular, correspondiente a las características especiales de la práctica profesional” (p. 205). Nos plantea retos investigativos, a indagar sobre las diferencias y semejanzas de la experimentación en dife-

rentes profesiones. No se trata de cuáles son las concepciones sobre el conocimiento científico, sino de ese conocimiento en acción sobre su propia profesión. Deberíamos analizar cómo construyen repertorios, imágenes, estrategias; cómo asumen las situaciones problemáticas, las situaciones conflictivas y confusas; las notaciones y convenciones por medio de las cuales crean mundos virtuales; deberíamos investigar cómo algunas personas aprenden los diversos tipos de reflexión en acción (Schön, 1996).

Muchas de estas investigaciones del grupo de Shulman se realizaron en el proyecto de su investigación sobre el conocimiento del profesor, denominado “The Teacher Knowledge Project”, en el que participaron autores como la investigadora Grossman, quien encontró que un mismo profesor cambia su enseñanza a los mismos estudiantes cuando enseña diferentes contenidos, en este caso de inglés; Hashweh establece que un tópico es enseñado de manera distinta dependiendo de la profundidad y calidad de la comprensión tanto del contenido como de la pedagogía del tópico, en este caso de la física y la biología; y Carlsen identifica los cambios de la enseñanza de un profesor de biología en un mismo curso cuando enseña tópicos que conoce, respecto de aquellos que encuentra difíciles (Shulman, 2015).

En la comprensión de las particularidades del conocimiento del profesor la investigadora Grossman (1990) señala las diferencias entre dos maestros que enseñan un ‘mismo’ contenido: la enseñanza de *Hamlet*, cuyos resultados le llevan a identificar dos enfoques; el primero, centrado en el análisis textual, y el segundo, en la relación entre los dilemas de Hamlet y la vida personal de los estudiantes, perspectivas que le permitieron comprender a Grossman que estos ‘dos Hamlet’ de las clases no están relacionados con el conocimiento del contenido, pues ambos docentes tienen un conocimiento semejante sobre la obra de Shakespeare, sino con la formación en torno a la enseñanza, ya que solo uno de ellos tenía formación como profesor (el del segundo enfoque), de modo que la diferencia entre ellos está dada respecto de su conocimiento sobre la enseñanza de *Hamlet*.

De manera similar, Grossman (1990) estudia las diferencias del conocimiento en seis profesores de inglés y halla que quienes no tienen formación docente no identifican diferencias entre el inglés como disciplina intelectual y el inglés escolar. Para algunos, las concepciones de enseñanza están ligadas al conocimiento disciplinar de la literatura, por ello también la propuesta de enseñanza se centra en el texto literario, mientras que para quienes han tenido formación en educación el



texto no es el fin en sí mismo, sino que se tienen otros propósitos, por ejemplo, generar actitudes (verbigracia, por la poesía, o construir puentes entre la literatura y la vida de los estudiantes). Por otra parte, para todos los profesores es importante enseñar a escribir, pero mientras para unos enseñar a escribir está centrado en las formas de escritura con relevancia de la gramática, para otros está centrado en aprender a expresar las ideas de manera escrita, más que la corrección técnica. Estas situaciones nos llevan a preguntarnos como profesores de ciencias: ¿Qué significa enseñar ciencias, enseñar sobre el agua? ¿Todos enseñamos lo mismo, buscamos lo mismo?, ¿Cuáles son esas particularidades? ¿Cómo las explicamos? ¿En diferentes años y en distintos cursos enseñamos lo mismo? ¿Qué ha influido en esos cambios?

#### 4. Investigaciones sobre profesores noveles y profesores expertos

---

En el reconocimiento de la complejidad y especificidad del conocimiento del profesor ha contribuido la investigación que busca comprender las diferencias y particularidades del conocimiento de profesores noveles y profesores experimentados (Tabla 3).

*La naturaleza del conocimiento de los profesores no se puede comprender bien, pero, dada su complejidad y las formas en que los distintos tipos de conocimiento se desarrollan, son cruciales nuestros esfuerzos por comprender y mejorar la educación del profesor. (Calderhead, 1988, citado por Gilroy, 1993, p. 89)*

Varios autores señalan la importancia de investigar sobre el conocimiento del profesor experimentado. Es necesario construir conocimiento a partir del éxito que otros docentes de ciencias han elaborado (Anderson, 1989, citado por Mellado y González, 2000) y se hace relevante dar cuenta de esa “sabiduría de la praxis” (Bromme, 1988). Los docentes experimentados hacen explícitas las teorías y creencias sobre los estudiantes, el plan de estudios, el profesor, la asignatura; además, reflexionan y analizan su enseñanza, la investigan (Clark & Peterson, 1990); los profesores exitosos promueven el aprendizaje de sus estudiantes (Loughran, Berry & Mulhall, 2006). En este sentido, nuestras últimas investigaciones (Martínez *et al.*, 2013; Martínez, 2016)<sup>3</sup> contribu-

---

3 Los resultados de estas investigaciones, realizadas con el apoyo de Colciencias y el Centro de Investigaciones y Desarrollo Científico de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas, han sido editados por el Fondo de Publicaciones de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas y se encuentran disponibles para su acceso gratuito en la dirección web del Doctorado Interinstitucional en Educación: <http://die.udistrital.edu.co/publicaciones>

**Tabla 3**  
**Ejemplo de algunas investigaciones que indagan sobre profesores noveles y experimentados**

<b>Profesores noveles</b>	<b>Profesores expertos</b>	<b>Autores</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Se enfocan en estrategias y actitudes.</li> <li>- Se basan en el texto.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Definen temas.</li> <li>- Se basan en trabajos anteriores.</li> </ul>	Borko y Livingston (1989); Ropo (1987), citados por Reynolds (1992).
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Rutinas instructivas menos consistentes.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Rutinas instructivas más consistentes.</li> </ul>	Leinhardt y Greeno (1986), citados por Reynolds (1992)
	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Conocimiento más profundo y jerarquizado.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Conocimiento más profundo y jerarquizado.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Proponen problemas sin relación entre sí.</li> <li>- En sus concepciones buscan tener un contexto real, pero en las prácticas no se tiene en cuenta.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Proponen problemas que siguen un hilo conductor.</li> <li>- En sus concepciones y prácticas plantean situaciones cotidianas.</li> </ul>	De Melo Sampaio (1999)
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Explicaciones más largas.</li> <li>- Usan pocos ejemplos y analogías.</li> <li>- Estructuran el conocimiento como lo aprendieron en la universidad.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Explicaciones sencillas, pausadas.</li> <li>- Usa numerosos ejemplos y analogías.</li> <li>- Estructuran el contenido de modo significativo para el estudiante.</li> </ul>	Mellado y González (2000)



<b>Tabla 3</b> <b>Ejemplo de algunas investigaciones que indagan sobre profesores noveles y experimentados</b>		
<b>Profesores noveles</b>	<b>Profesores expertos</b>	<b>Autores</b>
- Futuros profesores de química no identifican dificultades de los estudiantes en la enseñanza de los isótopos.	- Los profesores experimentados predicen y planean sobre estas dificultades.	Geddis, Onslow, Beynon y Oesch (1993)
- Los futuros profesores buscan eliminar las ideas de los alumnos.	- Los profesores experimentados identifican y caracterizan las ideas de los alumnos.	Akerson, Flick y Lederman (2000)
- En las demostraciones en química los profesores novatos usan menos variaciones.	- En las demostraciones en química los profesores expertos usan más variaciones.	Clermont, Borko y Krajcik (1994)
Fuente: elaboración de la autora con base en Martínez (2000) y Abell (2007).		

yen a comprender esa sabiduría construida por profesores destacables que enseñan ciencias en Primaria en el Distrito Capital y los resultados señalan que debemos continuar fortaleciendo el trabajo conjunto con ellos para desde ahí aportar en los procesos de formación profesional de los profesores de ciencias.

##### 5. La investigación del conocimiento profesional del docente de ciencias: de un conocimiento que “reside” en el profesor, al profesor como conocedor

En esta línea de investigación existe gran preocupación por lo que saben los profesores sobre ‘la materia’ a enseñar (*subject matter*, conocimiento de la materia), pero también por comprender lo que piensan y hacen los profesores en términos de sus decisiones. En los últimos cincuenta años el conocimiento del profesor se ha asumido no solo desde numerosos significados en la investigación educativa, sino que además ha recibido diversas designaciones: conocimiento del oficio, conocimiento práctico personal, sabiduría de la práctica, conocimiento del practicante, conocimiento en acción (Carter, 1990, citado por Abell, 2007). Sandra Abell (2007) destaca aportes como los de Bruce (1971), Smith y Cooper (1967) y Fenstermacher (1994) en la diferenciación

**Tabla 4**  
**Algunas perspectivas iniciales de investigación del conocimiento profesional del docente de ciencias**

Autor	Aspectos señalados
Bruce (1971); Smith y Cooper (1967)	- El conocimiento del profesor como un componente de la práctica docente.
Fenstermacher (1994)	- Diferencia entre conocimiento de la enseñanza (conocimiento formal) y conocimiento derivado de la enseñanza (conocimiento práctico).
Fenstermacher (1994)	Destaca cuatro programas de investigación: <ul style="list-style-type: none"> <li>- El conocimiento práctico personal (ejemplo: Clandinin &amp; Connelly, 1996).</li> <li>- La práctica reflexiva para el desarrollo profesional (Schön, 1987).</li> <li>- El profesor investigador (Cochran-Smith &amp; Lytle, 1999).</li> <li>- Los tipos de conocimiento del profesor: “¿Qué conocimiento es esencial para la enseñanza?” (Shulman, 1986).</li> </ul>
Fuente: elaboración de la autora con base en Abell (2007).	

del conocimiento del profesor (Tabla 4); subraya que esta especificidad se ha dado no solo por el contenido, sino también por su proceso de producción; cuestiona el carácter estático del conocimiento y propone y asume al profesor como “conocedor”, como un productor de conocimiento. De esta manera se pasa de un conocimiento que “reside” en los profesores como “objeto de investigación”, a un conocimiento producido por los profesores (Abell, 2007). Así, al comienzo de esta investigación se da un interés de otros, no de los mismos profesores, sobre su propio conocimiento, quienes luego sí son involucrados y asumen la investigación sobre su interés individual, de esta manera podemos señalar que se ha pasado de considerar a los profesores como “objetos de investigación”, a los profesores como investigadores de su personal conocimiento, como sujetos epistémicos (Kroath, 1989).

Shulman (1989) destaca la importancia de investigar sobre el conocimiento que elaboran los profesores, comparte las preguntas que orientaron sus investigaciones (Shulman, Sykes & Phillips, 1983) y que transcribimos por considerarlas iluminadoras en la construcción de esas miradas particulares que permitieron comprender que en la escuela, en la enseñanza, se construye otro conocimiento:

*¿Cuáles son las fuentes de las explicaciones del profesor en determinadas situaciones docentes? [...] ¿A qué recurren los enseñantes para sus explicaciones, sus ejemplos, para las analogías, metáforas o símiles empleados con el fin de clarificar las cosas? ¿En qué circunstancias la profundidad del conocimiento de la materia es una aparente desventaja para el profesor, y qué estrategias pueden resolver el problema? ¿De qué manera los diferentes tipos de aprendizaje de las materias en los primeros cursos de la universidad pueden producir diferentes organizaciones de la comprensión para la enseñanza posterior? ¿Cómo afrontan los profesores la enseñanza de materiales que nunca han aprendido antes y cómo difiere esta táctica de su enseñanza del material que les es muy familiar? ¿De qué modo las creencias epistemológicas generales en los docentes, sus concepciones genéricas acerca del conocimiento y su comprensión del conocimiento en su propia disciplina pueden vincularse con la manera en que se enseña la materia? En general, nos interesa examinar [...] ¿Cuándo y qué deben saber los enseñantes acerca de lo que enseñan? ¿Dónde se adquiere ese conocimiento y cómo puede mejorarse o transformarse?. (Shulman, 1989, p. 66)*

## 6. Ejemplos de investigaciones sobre concepciones de los profesores sobre el conocimiento científico

---

Una de las grandes preocupaciones de la investigación en torno al conocimiento del profesor es la de qué sabemos sobre el conocimiento científico. Como señalamos en Martínez (2013), la línea de investigación conocida como NOS (por la sigla en inglés de Concepciones sobre la naturaleza de la ciencia), ha sido ampliamente desarrollada. En la Tabla 5 señalamos varios ejemplos de estas investigaciones que resaltan problemáticas relacionadas con las visiones elaboradas por los profesores sobre el conocimiento científico y que plantean importantes retos a ser considerados en investigaciones y propuestas de formación respecto a la reflexión sobre epistemología de las ciencias.

## 7. Ejemplos de investigaciones del conocimiento del profesor sobre el contenido en ciencias

---

Abell (2007), con base en Shulman, desarrolla una revisión de estudios sobre el conocimiento profesional de los docentes de ciencias, respecto al conocimiento de la materia (CM); el conocimiento pedagógico (CP) y el conocimiento didáctico del contenido; en esta revisión, la

**Tabla 5**  
**Ejemplo de investigaciones sobre las concepciones de los profesores en torno al conocimiento científico**

Autores	Aspectos mencionados
Anderson (1950)	Primera evaluación sobre las concepciones de los profesores. Identifica misconceptions en docentes de biología y química.
Behnke (1961)	Evalúa las comprensiones de los científicos y profesores de ciencias. No se identifica en la mayoría de docentes el carácter tentativo de los hallazgos científicos; algunos científicos tampoco lo identifican.
McComas (1998)	Quince “mitos de la ciencia”, entre otros: la existencia de método científico universal; la ciencia y sus métodos suministran pruebas absolutas; la ciencia y sus métodos pueden resolver todas las preguntas; los científicos son objetivos; los modelos científicos representan la realidad; ciencia y tecnología son lo mismo.
Smith (2000)	Sigue pasos específicos según el “método científico”, un proceso de descubrimiento, sin desacuerdos entre científicos.
Porlán et al. (2000)	Mayor tendencia al empirismo, caracterizado por: principio de neutralidad y autenticidad del conocimiento científico; el conocimiento está en la realidad y la ciencia es un reflejo cierto, método único y universal; principio de la veracidad del conocimiento científico, el conocimiento científico es carácter absoluto y universal; principio de superioridad del conocimiento científico, las ciencias experimentales como una forma superior de conocimiento.
Perafán, Reyes y Salcedo (2001)	Caracterizan paradigmas epistemológicos diferentes (evolucionista, ecológico, relativista) y no con una única tendencia (positivista), con profesores de física.
Fuente: elaboración de la autora a partir de Martínez (2000); Porlán, Rivero y Martin (2000) y Lederman (2007).	

cual presenta en el *Handbook of Science Education*, se limita a esos tres conocimientos. Es de señalar, como también lo menciona dicha autora, que Shulman (1987) plantea una propuesta de siete conocimientos del profesor: del contenido, didáctico general, del currículo, didáctico del contenido, de los alumnos, de los contextos educativos, y de los objetivos, las finalidades y los valores educativos, así como de sus fundamentos filosóficos e históricos<sup>4</sup>.

De ahí la preocupación acerca de qué sabemos sobre los contenidos de ciencia. Una línea de investigación es conocida como conocimiento de la materia, conocimiento del contenido (*subject matter*). Abell (2007) realiza una importante revisión en la que señala la gran diversidad de contenidos (por ejemplo, conceptos de biología (planta, animal, viviente); y conceptos de física (fuerza, fricción, gravedad), estudiados por Hope y Townsend (1983), quienes identifican que los conceptos de biología fueron relativamente bien entendidos, y los de física similares a los de los estudiantes; sobre estos se ha investigado: la mezcla de conceptos de las ciencias naturales y de la física, las concepciones de disciplinas específicas como biología, química, ciencias de la tierra y el espacio o física, el grupo más estudiado fue el de profesores de Primaria. Señala Abell (2007) que pocos estudios han examinado el desarrollo del CM del profesor de ciencias a lo largo del tiempo.

---

4 He tomado la traducción publicada en Profesorado. Revista de currículo y formación del profesorado, 9 (2) de 2005, y para evidenciar la polémica de las traducciones y el posible debate que le subyace a nivel conceptual destaco que en la traducción publicada en Estudios Públicos, núm. 83, de 2001, estos conocimientos son: de la materia impartida, pedagógicos generales, del currículo, pedagógico de la materia, de los educandos, de los contextos educacionales, y de los objetivos, las finalidades y los valores educacionales, así como de sus fundamentos filosóficos e históricos; de modo que relieves la traducción y revisión en las relaciones pedagogía y didáctica. Notamos, por ejemplo, que en el original de Shulman et al. se alude a pedagogical content knowledge, cuya traducción tomamos como conocimiento didáctico del contenido. Como hemos destacado en el capítulo 2, es necesario comprender las diferencias que hemos construido sobre la pedagogía y la didáctica; por ejemplo, la investigación de Flórez, Velásquez y Tamayo (2011) muestra que para los profesores colombianos de ciencias naturales la didáctica es asumida como métodos y estrategias de enseñanza, también la pedagogía y el currículo se consideran desde una perspectiva instrumental por ellos.

## 8. Ejemplos de investigaciones del conocimiento del profesor(a) sobre contenidos de química

---

Desde la química, diversos investigadores han señalado problemas respecto a las comprensiones de los profesores sobre la naturaleza corpuscular de la materia, la conservación de la masa, los cambios de la materia, reacciones químicas y equilibrio químico.

Son numerosas las investigaciones que sobre el conocimiento del profesor de química se han realizado. Por ejemplo, Calleja, Garritz y Cárdenas (2007) al estudiar el conocimiento pedagógico del contenido en cinco docentes universitarios experimentados respecto al concepto de reacción química y con base en los ReCo<sup>5</sup> encuentran que, según los profesores, el mayor problema en la enseñanza es que para los estudiantes la aparición de nuevas sustancias no es visible. Justi y Gilber (2002), por su parte, presentan una revisión de varias investigaciones sobre el uso de modelos y el proceso de modelización en la educación química, en la que incluyen el punto de vista de los profesores que les lleva a plantear la necesidad de futuros estudios, por ejemplo sobre cómo mejorar el conocimiento didáctico del contenido de los profesores respecto de modelos y modelación; así como del papel de los modelos y la modelización en el desarrollo del conocimiento químico y en el aprendizaje de modelos químicos específicos.

En el contexto colombiano, y con especial incidencia de la Maestría en Docencia de la Química (Universidad Pedagógica Nacional), que con el apoyo del plan Icfes-BID inició desde 1987 el proceso de aportes a la formación de profesores de química, así como la consolidación de grupos de investigación en didáctica de las ciencias, y en particular de la química, es posible ubicar numerosas investigaciones en relación con el conocimiento de los docentes de esta área.

Al respecto, Mosquera, Mora y García (2003) identifican el manejo de conceptos básicos en química por parte de profesores en ejercicio, en particular sobre discontinuidad de la materia, cuantificación de relaciones y cambio químico, e identifican que si bien pueden conocer los conceptos, no conceptualizan sobre ellos. Perafán y Tinjacá (2012), a través de dos estudios de caso con docentes de química, estudian la nomenclatura química como “fenómeno de aula” en el que se integran los saberes del profesor. Jurado y Parga (2009) estudian el conocimiento

---

5 Del inglés Content Representations CoRe propuesto por Loughran, Berry y Mulhall (2006).

didáctico del contenido curricular en química de cuatro profesoras de ciencias naturales, señalan el desconocimiento de la historia de la química y cómo se construye el conocimiento en esta disciplina, así como del concepto de estructura.

Estas investigaciones no se centran únicamente en el conocimiento del profesor sobre tópicos de la química, sino que abordan diferentes relaciones (por ejemplo, con otros saberes, otras categorías del conocimiento didáctico del contenido); esto nos muestra la preocupación de los investigadores por abordar la complejidad de este conocimiento, parece que no es suficiente con comprender qué sabe el profesor sobre la química, sino que se reconoce que “algo” ocurre con ese conocimiento: hay unas intenciones particulares, unos estudiantes particulares, se construyen propuestas también particulares; son ‘particularidades’ que hacen que ese conocimiento del profesor sobre la química adquiera un carácter específico, cambia, se transforma, se integra. Al parecer lo claro es que la pregunta va más allá de la química por la química.

En este sentido es muy interesante encontrar propuestas como la de Baumert *et al.* (2010, citado por Fischer, Borowski & Tepner, 2012), según la cual el conocimiento de los profesores sobre contenido no aborda meramente los contenidos académicos, sino también los escolares, en este caso las matemáticas escolares, de modo que nos plantea la necesidad de futuras investigaciones para comprender cómo se está entendiendo y ha venido cambiando la conceptualización sobre el conocimiento del contenido.

Como lo indica Abell (2007), numerosos investigadores, entre ellos Hirvonen y Viiri (2002); Boyer y Tiberghien (1989); Furió, Vilches, Guisasa y Romo (2002), realzan que los profesores de ciencias reconocen una variedad de metas para la enseñanza de las ciencias, pero tienden a dar prelación a las metas de contenido (conceptuales) sobre las actitudinales y de proceso. De ahí la importancia de preguntarnos cuando enseñamos ciencias, ¿verbigracia química: ¿Qué pretendemos enseñar? ¿Buscamos un aprendizaje centrado en contenidos conceptuales?

## 9. Ejemplos de investigaciones sobre el conocimiento didáctico del contenido en ciencias

---

Respecto al conocimiento didáctico del contenido, resaltamos que es la traducción que tomamos de *pedagogical content knowledge* (conocimiento didáctico del contenido), dado que asumimos como re-

ferencia la didáctica de las ciencias, no la pedagogía de las ciencias; consideramos más apropiado aludir al conocimiento didáctico del contenido, pues cuando se alude a la pedagogía de la ciencias se asume una realidad diferente, el objeto es lo relativo a métodos generales de enseñanza aplicados al dominio científico (Astolfi, 2001). En estas traducciones se destacan las tensiones señaladas respecto a las diferencias entre pedagogía y didáctica, lo cual enriquece las preguntas que construimos en nuestro conocimiento particular.

Como lo comentamos en Martínez (2016), han existido preocupaciones y enfoques respecto a la investigación del conocimiento del profesor; han sido variadas (saberes profesionales, creencias, conocimientos, concepciones), lo que evidencia las diversas perspectivas del desarrollo de la investigación en cuanto al conocimiento profesional del docente, aspecto que queremos señalar como una característica potente, pues son diferentes miradas que seguramente enriquecen la construcción de teoría sobre el conocimiento profesional del profesor, pero que además permiten comprender su complejidad.

Tal como se ha indicado, una de las líneas de investigación que más se ha venido desarrollando está contemplada en el conocimiento didáctico del contenido. Para notar la diversidad de preocupaciones respecto a la investigación del conocimiento profesional del docente, en la Tabla 6 señalamos algunos ejemplos de estas investigaciones, organizadas respecto de las componentes.

#### 10. Algunas investigaciones del conocimiento profesional de los docentes de ciencias desde la perspectiva IRES

---

Una investigación que ha sido referencia central para nuestro trabajo es la desarrollada por el proyecto IRES de España a través del Grupo Investigación en la Escuela (Martínez, 1998; Martínez, 2000, 2005a, 2016; Martínez & Valbuena, 2013). La propuesta del proyecto IRES se basa en referentes que compartimos con respecto a considerar el conocimiento del profesor y el conocimiento escolar como conocimientos epistemológicamente diferenciados, la didáctica de las ciencias como disciplina particular de referencia, el carácter evolutivo y dinámico del conocimiento, la perspectiva crítica y constructiva del conocimiento y la investigación como principio de síntesis. Reconocemos que hay problemas propios de la didáctica de las ciencias como disciplina y de quienes investigamos y enseñamos ciencias; pero, además, que en este proceso de construcción no hay una neutralidad, sino que estamos cru-



<b>Tabla 6</b> <b>Ejemplos de investigaciones con relación a las componentes del conocimiento didáctico del contenido</b>		
<b>Componente</b>	<b>Autores</b>	<b>Algunos aspectos señalados</b>
Orientaciones para la enseñanza	Huston (1975)	Los estudiantes estaban más orientados hacia aspectos humanísticos y tecnológicos de la química, mientras que los profesores hacia lo más abstracto y teórico.
	Cheung y Ng (2000)	Cinco orientaciones de los planes de estudio: académica, procesos cognitivos, enfoque social, humanística y tecnológica.
<b>Componente</b>	<b>Autores</b>	<b>Algunos aspectos señalados</b>
Conocimiento de los estudiantes	Nussbaum (1981)	No todos los futuros profesores identifican los conceptos erróneos de los estudiantes
	De Jong y Van Driel (2001)	La mayoría de los futuros profesores de química no aluden a preocupaciones y reflexiones sobre el aprendizaje de los estudiantes, previo a la enseñanza, ni después de esta.
<b>Componente</b>	<b>Autores</b>	<b>Algunos aspectos señalados</b>
Conocimiento del currículo	Peterson y Treagust (1995)	El conocimiento del plan de estudios es un componente esencial del pensamiento pedagógico de los profesores de pregrado.
	O'Brien, Huether y Phillibert, (1978)	La mayor parte de los profesores de la educación pública no estaban familiarizados con los materiales del currículo.
<b>Componente</b>	<b>Autores</b>	<b>Algunos aspectos señalados</b>
Estrategias para la enseñanza de las ciencias	Keys y Bryan (2001)	Se requiere investigar el conocimiento del profesor sobre estrategias de enseñanza basadas en la investigación
	De Jong, Acampo y Verdonk (1995)	Dificultades de los profesores experimentados para desarrollar estrategias de enseñanza
<b>Componente</b>	<b>Autores</b>	<b>Algunos aspectos señalados</b>
Evaluación en ciencias	Duffee y Aikenhead (1992)	Aunque los profesores de ciencias usaron una variedad de técnicas, las pruebas y las tareas de laboratorio fueron más valoradas para la asignación de las notas finales.
	Bol y Strage (1996)	Contradicción entre las metas de los profesores de biología y las prácticas de evaluación.
Fuente: elaboración de la autora con base en Abell (2007).		

zados por intereses, por intenciones que nos dinamizan en nuestra investigación, en nuestra acción educativa, y aunque muchas veces para comprenderla la limitamos, la fraccionamos, realmente es un proceso complejo en el que se requiere de cada hebra, y el hilar arriba-abajo es más que un sentido, se construye un tejido particular, que un hilo de otro color también lo hace particular, lo hace diferente, y si un hilo se fragmenta a su vez puede fragmentarse todo el tejido; hay una relación estrecha entre el todo y las partes, el todo no es la suma de las partes.

En la producción del conocimiento profesional del profesor y el conocimiento escolar, sobre el cual nos referiremos más adelante (capítulo 6), intervienen numerosos factores, conocimientos, fuentes, individuos, intereses, etc. Cuando nombramos “el” conocimiento, con artículo definido, no nos referimos a un carácter absoluto, por ello es posible identificar diferentes tendencias, así como ejes que dinamizan, cuestionan u obstaculizan, lo que hemos denominado ejes DOC —dinamizadores, obstáculo y cuestionamiento— (Martínez, 2000, 2005a, 2016; Martínez & Valbuena, 2013). Otros autores también se suman a esta preocupación por reconocer la complejidad del conocimiento del profesor, por ello aluden a la polifonía epistemológica (Perafán, 2004), a espectros de conocimiento (Mosquera, 2008), a hipótesis de progresión (García, 1998; Porlán & Rivero, 1998; Martínez, 2000; Martínez & Martínez, 2012), o a hipótesis de transición (Porlán, Martín del Pozo, Rivero, Harres, Azcárate & Pizzato, 2011; Mora, 2011; Rodríguez-Marrín, Fernández-Arroyo, García, 2014).

Como señalamos en Martínez (1998), el grupo Investigación en la Escuela, orientado por la propuesta IRES, fue constituido por varios investigadores y grupos de investigación con propósitos y referentes compartidos, desde el Modelo didáctico de investigación en la escuela (Grupo de Investigación en la Escuela, 1991). En la red IRES participan grupos de investigación orientados por compromisos profesionales que señalamos en la Tabla 7 y que permiten ver una concreción de los referentes centrales que señalamos en Martínez (2000) con base en autores como Porlán *et al.* (1997), Porlán y Rivero (1998), García y García (1989); estos son: perspectiva evolutiva y constructivista del conocimiento: las personas conocemos a través de un proceso de interacción entre sus teorías, intereses, creencias, etc., y factores externos (por ejemplo el principio 6); perspectiva sistémica y compleja del mundo: las ideas y la realidad son sistemas en evolución, su complejidad está determinada por la cantidad y calidad de los elementos que la componen, así como por sus interacciones (por ejemplo, el principio 5); perspectiva crítica: el proceso de conocimiento no es un proceso neutral, sino que está

influenciado tanto por las propias maneras de ver el mundo, como por sus intereses (por ejemplo, el principio 10); y la investigación como principio de síntesis: tanto en la construcción del conocimiento profesional y que actúa en el aula, como del conocimiento escolar (por ejemplo, el principio 7).

<b>Tabla 7</b>	
<b>Compromisos profesionales para una nueva educación</b>	
<b>N°</b>	<b>Compromisos</b>
1	Trataremos de que nuestras clases sean experiencias culturales alternativas a los modelos sociales dominantes.
2	Consideraremos las materias de enseñanza como medios para promover la formación integral de los alumnos.
3	Formularemos los contenidos como una integración equilibrada de las dimensiones cognitiva, afectiva y ética de la persona.
4	Consideraremos los contenidos de forma relativa, abierta y procesual.
5	Elaboraremos los contenidos a partir de referente metadisciplinarios, disciplinares, sociales y personales (las concepciones e intereses de los alumnos).
6	Trataremos de que nuestra enseñanza promueva el enriquecimiento crítico de las concepciones e intereses de los alumnos.
7	Desarrollaremos una metodología basada en la investigación de problemas funcionales y relevantes.
8	Consideraremos la evaluación como un proceso participativo para el desarrollo integral del alumnado y la mejora de nuestra actuación docente.
9	Evitaremos calificar y, si lo hacemos, será un proceso negociado que no mida el conocimiento de los alumnos.
10	Trataremos a nuestros alumnos como personas con derechos, y no solo con deberes, y defenderemos que puedan ejercerlos de manera efectiva.
11	Desarrollaremos nuestra autonomía y nuestra responsabilidad profesional, especialmente en el ámbito de las decisiones curriculares.
12	Trataremos de promover un conocimiento y una práctica profesional coherentes con los principios anteriores.
Fuente: elaboración de la autora con base en IRES (s. f.).	

A modo de ejemplo enunciamos en la Tabla 8 algunas investigaciones que desde la perspectiva IRES han desarrollado investigaciones en torno al conocimiento profesional del profesor de ciencias.

<b>Tabla 8</b> <b>Ejemplo de algunas investigaciones desarrolladas sobre el conocimiento profesional del profesor de ciencias experimentales</b>	
<b>Autores</b>	<b>Algunos aspectos señalados</b>
Porlán (1989)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Para cambiar el currículo es imprescindible considerar las epistemologías de los profesores y los procesos formativos que favorecen su desarrollo crítico y autónomo.</li> <li>- La mayor parte de los futuros profesores de Primaria* conciben la ciencia desde un punto de vista empírico y al método científico como conjunto de procesos ordenados para descubrir el auténtico conocimiento, además defienden el empirismo científico como principio didáctico de referencia.</li> <li>- En profesores en ejercicio se identifica diversidad de modelos. La mayoría de sus concepciones epistemológicas son de enfoque racional-directivista. Se aprecia concepto tradicional de enseñanza, tendencia mayoritaria y modelo epistemológico complejo.</li> </ul>
Solís (2005)	<p>En la mayor parte de los futuros profesores(as)** de Secundaria se identifican concepciones curriculares (finalidades y objetivos educativos, formulación de contenidos escolares, metodología escolar, ideas e intereses de los estudiantes y evaluación escolar) alejadas de los niveles de referencia de la investigación (perspectiva crítica e integradora del conocimiento profesional del profesor.</p>

\* En España los futuros profesores de Primaria se identifican también como estudiantes de Magisterio.

\*\* En este caso son estudiantes ya graduados en Química y Física que realizan estudios posteriores CAPen Certificado de Aptitud Pedagógica (CAP), que forma en Ppedagogía y Ddidáctica, requisito para acceder a la carrera docente en España (Solís, 2011). Actualmente este proceso se ha modificado y se en su lugar los graduados universitarios deben realizar programas de Máster de con un año de duración según la normativa del Ministerio de Educación, Cultura y Deporte de este país. Ver <http://www.mecd.gob.es/educacion-mecd/areas-educacion/profesorado/formacion/formacion-inicial/secundaria.html>



<b>Tabla 8</b> <b>Ejemplo de algunas investigaciones desarrolladas sobre el conocimiento profesional del profesor de ciencias experimentales</b>	
<b>Autores</b>	<b>Algunos aspectos señalados</b>
Martín del Pozo (1994)	<p>- La mayor tendencia en los futuros profesores de Primaria*** es la “conceptualización del cambio químico como proceso no interactivo” (formulación macroscópica basada en criterios de transformación de la identidad de las sustancias y sin hacer referencia a la conservación de los elementos), “a través de una simplificación del conocimiento disciplinar, desde una visión técnica de lo que significa la producción del conocimiento en el marco escolar”.</p> <p>- Los futuros profesores elaboran propuestas curriculares sobre el cambio químico con base en el texto escolar y materiales curriculares; organización lineal de los contenidos, siguiendo una lógica disciplinar; instrumentos de evaluación sustentados en comprobar la adquisición de conocimientos preestablecidos.</p>
Ballenilla (2003)	<p>Identifica la evolución con respecto a concepciones sobre el aprendizaje; qué enseñar y para qué; cómo enseñar; para qué, qué y cómo evaluar. En particular, durante el proceso se nota una crítica al modelo didáctico tradicional, en la fase de observación se vislumbran alternativas concretas, las cuales son analizadas críticamente y luego son asumidas por la futura profesora durante su práctica.</p>

\*\*\* Estudiantes de Magisterio, en España.

<b>Tabla 8</b> <b>Ejemplo de algunas investigaciones desarrolladas sobre el conocimiento profesional del profesor de ciencias experimentales</b>	
<b>Autores</b>	<b>Algunos aspectos señalados</b>
Rivero (1996)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Identifica que las finalidades pretendidas por los responsables de un proceso de formación permanente de profesores de ciencias analizado están relacionadas con principios teóricos referidos al constructivismo y la necesidad de articular teoría y práctica, el principio formativo del “profesor como investigador” reconociendo que su saber tiene un estatus epistemológico peculiar, sin embargo la teoría parece ser la única generadora de saberes, mientras que la práctica es la “comprobación” de esos saberes.</li> <li>- La propuesta formativa no favorece una construcción progresiva, sino que parece buscarse un salto desde una perspectiva tradicional hacia el modelo alternativo propuesto.</li> </ul>
Martínez (2000)	Dos estudios de caso: en uno se identifica considerar el conocimiento escolar como un proceso de enriquecimiento del conocimiento de los estudiantes; en el otro, el conocimiento escolar tiene la pretensión de acercar el conocimiento del estudiante al conocimiento científico.
Wamba (2001)	Identifica los modelos didácticos personales de tres docentes en biología de Educación Secundaria, con amplia experiencia en docencia e innovación, en los que señala obstáculos como la dualidad de las concepciones; por ejemplo, se admite la importancia del papel del estudiante para construir conocimiento, pero lo que se da en el aula es un “simulacro de constructivismo”.
Fuente: elaboración de la autora con base en el proyecto IRES.	

## 11. Enfoques de investigación sobre el conocimiento profesional del docente de ciencias

---

Como lo señala la revisión de Porlán, Rivero y Martín (2000), es posible identificar diferentes enfoques en la investigación sobre el conocimiento profesional de los profesores de ciencias. Estos autores plantean tres perspectivas en la investigación de las concepciones didácticas de los docentes: científicista, interpretativa y crítica, y refieren un cuarto enfoque, el plurimetodológico, en la investigación referente a las relaciones entre concepciones didácticas y científicas.

El enfoque científicista se caracteriza por pretender generalización, resultados, muestras grandes, uso de cuestionarios, enfoques cuantitativos. El enfoque interpretativo se centra en creencias, muestras reducidas, metodologías cualitativas. El enfoque crítico se basa en la investigación para transformar la práctica de los profesores (Porlán, 1989). El enfoque plurimetodológico contrasta los datos obtenidos a través de diversos instrumentos, que identifican en las investigaciones la relación entre concepciones científicas y creencias pedagógicas; esta relación no es muy clara, como anotan los mismos autores. En la Tabla 9 reportamos algunos ejemplos de esos análisis.

Es interesante resaltar cómo estas particularidades del conocimiento profesional del profesor a su vez han estado aunadas a maneras particulares de investigar. Como lo señalamos en Martínez (2009), se requiere de perspectivas de indagación propias, que se han venido construyendo no sin dificultades o incomprendimientos al no seguir las maneras vigentes de investigación, como por ejemplo en el caso de Jackson (1968), dado el carácter descriptivo, lejos del paradigma correlacional y experimental dominante en ese momento (Clark & Peterson, 1990). Cual lo señalaba en su momento Shulman (1989), en la investigación sobre la enseñanza no se trata de un paradigma único, sino de programas de investigación más complejos, dada la complejidad de la enseñanza, dados los variados 'mundos reales' de la enseñanza, no un único 'mundo real', por lo que se requiere de 'modelos híbridos' que promuevan nuevos desarrollos de la enseñanza.

En la investigación sobre conocimiento profesional del profesor de ciencias prevalecen los estudios descriptivos y son escasas los de tipo longitudinal (Abell, 2007). Esta autora destaca que siguen siendo relevantes preguntas sobre las maneras de indagarlo: ¿El conocimiento que se usa para enseñar es el que se identifica en encuestas escritas u otros

**Tabla 9**  
**Enfoques investigativos sobre las concepciones didácticas**  
**de los profesores de ciencias**

<b>Enfoque</b>	<b>Autores</b>	<b>Aspecto señalado</b>
Enfoque cientifista	Bauch (1984)	Realiza un “inventario de creencias docentes”, clasifica a los profesores en: centrados en el control de clase (centrados en contenidos, profesor transmisor, modelo didáctico tradicional); y preocupados por la participación de los alumnos (diversifican estrategias para realizar un proceso crítico de socialización).
Enfoque Interpretativo	Elbaz (1981)	Analiza el conocimiento práctico de una profesora desde: contenido de la asignatura, características del currículo, estilo de enseñanza, ambiente escolar, imagen de sí misma.
Enfoque crítico	Marrero (1994)	Estudia las “teorías implícitas de los profesores” y caracteriza las siguientes teorías: dependiente (de los contenidos, del profesor y de la evaluación); productiva (busca la eficacia a partir de los objetivos y la evaluación); expresiva (centrada en la actividad e intereses de los alumnos); interpretativa (tiene en cuenta necesidades, intereses y aprendizaje de los alumnos, y el análisis riguroso del trabajo docente) y emancipatoria (resalta la intencionalidad ideológica y crítica de la enseñanza).
Enfoque Plurimetodológico	Hashweh (1996)	Los maestros con creencias constructivistas están más preparados para inducir al cambio conceptual y considerar las ideas de los alumnos como conocimiento alternativo, y usan variadas estrategias para favorecer el cambio; los maestros con creencias empiristas consideran que las ideas de los estudiantes son errores a superar y emplean estrategias para el cambio.
Fuente: elaboración de la autora con base en Porlán, Rivero y Martín (2000).		

instrumentos? ¿Cuáles formas de representación del CDC y diseño de investigación son los más viables? (Peterson & Treagust, 1995) ¿Hemos construido sobre la investigación anterior para generar una base de conocimiento viable acerca del conocimiento del profesor de ciencias? (Abell, 2007).

También son de señalar los valiosos aportes de Loughran en Australia y su grupo de investigación respecto de la comprensión y maneras de documentar y dar cuenta del PCK, a partir de la propuesta de las representaciones de contenidos (*Content Representation, CoRe*) y los repertorios de la experiencia pedagógica y profesional (*Pedagogical and Professional-experience Repertoires, PaP-eRs*) (Loughran, Berry & Mulhall, 2006), que han orientado diversas investigaciones sobre el conocimiento didáctico del contenido, como las investigaciones de Woolnough (2007) con profesores de formación inicial, Rollnick *et al.* (2008) con docentes en ejercicio y Brandenburg (2008) desde la investigación del profesor, todos ellos citados por Wallace y Loughran (2012).

Aunque se han venido consolidando potentes propuestas, tenemos aún importantes retos frente a la consideración del profesor como investigador de su propia práctica, tal como señalaba Porlán (1998), respecto a la didáctica de las ciencias.

## 12. Crecimiento del interés investigativo sobre el conocimiento del profesor de ciencias

---

El desarrollo de la investigación en educación sobre el profesor de ciencias ha sido notorio (Abell, 1997). Si nos fijamos en los reportes señalados por esta autora, la investigación sobre la formación de profesores de ciencias en 1985 era solamente del 7% (Gallagher, 1987) y una década más tarde se había triplicado. Señala Abell (1997) que en 1996, en la reunión anual de la National Association for Research in Science Teaching (NARST), más del 23% de los trabajos presentados fueron sobre docentes de la educación y en 1997 fueron el 19%. De este modo se aprecia que se estaba desarrollando un conocimiento sustancial en torno a la formación del profesor de ciencias.

Este crecimiento lo podemos evidenciar también en las numerosas revistas que con la búsqueda *Science Teacher* logramos ubicar en una de las bases de datos de mayor consulta sobre investigación en educación:

Education Resources Information Center (ERIC)<sup>6</sup> (Tabla 10), donde destacamos una diversidad de revistas que son poco conocidas en nuestro medio, algunas de ellas para áreas específicas: docentes de física, de biología... que resaltan una ubicación geográfica particular: América, Euro-Asia; relaciones con otras áreas: matemáticas, cultura... En esta base de datos se incluyen revistas cuyo título enfatiza en el contexto escolar *School Science Review*, que como lo señalamos, comprende una línea de investigación en didáctica de las ciencias de reciente constitución: el conocimiento escolar en ciencias, el cual abordaremos en el capítulo 6.

<b>Tabla 10</b>	
<b>Ejemplos de diversidad de fuentes bibliográficas, disponibles en ERIC, sobre el profesor de ciencias</b>	
<b>Revistas</b>	
Research in Science Education	
International Journal of Science Education	
Science Education Internacional	
Journal of Science Teacher Education	
Journal of College Science Teaching	
Journal of Research in Science Teaching	
Science Education	
Science and Children	
Education in Science	
Science Teacher	
Science Educador	
School Science Review	
Journal of Science Education and Technology	
Journal of Chemical Education	
American Biology Teacher	
School Science and Mathematics	
Physics Education	
Asia-Pacific Forum on Science Learning and Teaching	
Cultural Studies of Science Education	
International Journal of Science and Mathematics Education	
Science Scope	

6 Se puede acceder en este enlace <http://eric.ed.gov/>



Este amplio interés por la investigación del conocimiento profesional del profesor de ciencias lo podemos también notar en los capítulos desarrollados en los *Handbooks* de enseñanza de ciencias (Tabla 11).

<b>Tabla 11</b> <b>Ejemplos de capítulos que en los últimos Handbooks abordan la investigación del conocimiento profesional del profesor de ciencias</b>			
<b>Título del Handbook</b>	<b>Compiladores</b>	<b>Ejemplo de capítulos</b>	<b>Autores</b>
International Handbook of Science Education	Fraser y Tobin (1998)	The Subject Matter Knowledge of Preservice Science Teachers	Cochran y Jones (1998)
Didáctica de las Ciencias Experimentales	Perales y Cañal (2000)	El conocimiento del profesorado sobre la ciencia, su enseñanza y aprendizaje	Porlán, Rivero y Martín (2000)
Handbook of Research on Science Education	Abell y Lederman (2007)	Research on Science Teacher Knowledge	Abell (2007)
		Science Teacher Attitudes and Beliefs	Jones y Carter (1998)
Second International Handbook of Science Education	Fraser, Tobin, Campbell y McRobbie (2012)	Developing Teachers' Place-Based and Culture-Based Pedagogical Content Knowledge and Agency	Chinn (2012)
		Professional Knowledge of Science Teachers	Fischer, Borowski y Tepner (2012)
Handbook of Research on Science Education, volumen 2	Lederman y Abell (2014)	Research on Science Teacher Knowledge	Van Driel, Berry y Meirink (2014)
		Discourse practices in science learning and teaching	Kelly (2014)

### 13. Para reflexionar

---

Desde los años noventa se han desarrollado valiosas investigaciones en torno al conocimiento del profesor, de tal modo que podemos enriquecer nuestro conocimiento también a partir del resultado de ellas. ¿Qué instrumentos usaron? ¿Qué preguntas se plantearon? ¿Qué criterios se tuvieron en cuenta en el análisis? ¿Qué dificultades y tendencias se identificaron? ¿Cuál sería mi respuesta si hiciera parte de esos estudios? ¿Qué semejanzas y diferencias puedo establecer entre el conocimiento de los profesores que señalan los resultados de esas investigaciones, con mi conocimiento?

La investigación muestra que en ese conocimiento profesional influyen, entre otros tópicos: las concepciones sobre la ciencia y la enseñanza; las motivaciones que tenemos para enseñar; los contextos en que fuimos educados; los ambientes de las instituciones en que laboramos; los estudiantes, considerados individualmente; lo que podemos aprender de la experiencia. Y es que no todos aprendemos lo mismo de la experiencia. Así por ejemplo, frente a las dificultades que tiene un grupo de estudiantes para aprender, un profesor puede señalar que estos no son tan inteligentes, o no están interesados o suficientemente motivados; otro podría comprender o indagar cuáles son esas dificultades e identificar posibles obstáculos. Aprender de la experiencia requiere interpretar la experiencia, de allí la importancia de formarnos para aprender de ella, son diversas las fuentes del conocimiento profesional (Grossman, 1990).

Hemos recorrido un importante camino donde el debate y la socialización permiten construir referentes para la investigación y se destaca que la investigación en torno al conocimiento de la materia se aprecia más cohesionada, con prototipos conceptuales y metodológicos compartidos, a diferencia del conocimiento didáctico del contenido (Abell, 2007). Es interesante destacar los retos señalados por los investigadores en torno a este particular; destaco el balance de Shulman (2015)<sup>6</sup> respecto de las limitaciones de la idea original de *pedagogical content knowledge* (PCK), para nosotros conocimiento didáctico del contenido.

---

6 Como se indica en el prefacio, la publicación fue realizada en 2015 y recoge las memorias del evento en octubre de 2012 en el que se reunieron veinticuatro investigadores de diversas partes del mundo para trabajar alrededor del constructo PCK, que en este trabajo referimos como conocimiento didáctico del contenido.

— *Primera limitación: inicialmente centrado en una perspectiva cognitiva, se requiere mayor incorporación de la afectividad, la emoción, los sentimientos y la motivación para reconocer a los profesionales educadores como ciudadanos en una sociedad democrática.*

— *Segunda limitación: la perspectiva original estuvo centrada en la ‘mente pedagógica’ más que en la ‘acción pedagógica’.*

— *Tercera limitación: tuvo poca atención al contexto cultural, es necesario reconocer que el conocimiento didáctico del contenido (CDC) es también un conocimiento didáctico cultural y contextual.*

— *Cuarta limitación: ignoró la relación entre enseñanza y el logro del aprendizaje de los estudiantes. “Tenemos una obligación moral de preguntar cómo nuestra enseñanza está afectando la mente y corazones de nuestros estudiantes” (Shulman, 2015, p. 10).*

El análisis de Shulman (2015) plantea la necesidad de vislumbrar el carácter complejo del conocimiento profesional del profesor, no solo en términos del sujeto, sus conocimientos, intereses, emociones, motivaciones, sino además en lo que miramos cuando buscamos comprender el conocimiento del profesor; una complejidad que implica tanto su pensamiento y toma de decisiones como en especial ese mundo complejo de acciones y reflexiones. Pero además asumir que un conocimiento didáctico del contenido no puede limitarse al contexto del conocimiento científico, debe incluir asimismo el contexto específico, cultural y social en que se construyen y desarrollan las propuestas de enseñanza. Y finalmente, advertir que nuestra pretensión con los estudiantes no es únicamente qué han aprendido, sino cómo “hemos tocado su corazón”, es decir, asumir una perspectiva holística con la que debemos reconocer que cuanto hacemos o dejamos de hacer nos afecta como profesores así como a los niños y a la comunidad, desde la mente y desde el corazón. Este tipo de reflexiones son preocupaciones permanentes de muchos profesores innovadores; como señalamos en Martínez (2016), las profesoras de primaria buscan que sus estudiantes aprendan ciencias, pero como señalan, una ciencia para la vida, por ello la importancia de sus propuestas a través de las aulas ‘viva’ y ‘hospitalaria’.

Por último, destacamos algunos aspectos de las investigaciones para ser considerados en un futuro:

— Son escasas las investigaciones sobre la planeación de los profesores en el contexto de la enseñanza de las ciencias (Abell, 2007).

— Los procesos de evaluación de los profesores suelen ignorar el objeto específico de la enseñanza, se requiere de instrumentos que incluyan el conocimiento didáctico del contenido (Sickel, Banilower, Carlson & Driel, 2015).

— Se requiere investigación respecto de las relaciones entre el conocimiento didáctico del contenido y el aprendizaje del estudiante, los materiales curriculares y las reformas curriculares (Sickel, Banilower, Carlson & Driel, 2015).

— Son necesarios más estudios sobre las relaciones entre CDC y el contexto de iniciativas políticas que afectan el sistema educativo (Sickel, Banilower, Carlson & Driel, 2015).

— Considerar a los CoRe y Paper como medidas comparativas, más que como medidas absolutas del PCK. ¿Qué diferencias hay cuando estos se trabajan de manera individual o colectiva? (Loughran, 2014).

— En Colombia: ¿Qué consideraciones se han realizado sobre el conocimiento profesional del profesor en las propuestas de formación? ¿En los procesos de evaluación docente? ¿En las propuestas curriculares? ¿En general en las políticas educativas? ¿En los textos escolares?

Con relación a este último aspecto, la necesidad de desarrollar más investigaciones sobre el conocimiento de los profesores respecto de las políticas, cabe retomar la consideración de su desarrollo como un problema de investigación desde varias perspectivas (Tabla 12), en la cual se señala cómo la perspectiva de investigación contemporánea sobre el desarrollo docente se considera un problema de política, lo que nos permite otras miradas más complejas en torno al conocimiento del profesor y en general frente al currículo y la educación (Lopes, 2008).

<b>Tabla 12</b> <b>Perspectivas en la consideración del desarrollo docente como un problema de estudio</b>	
<b>Período</b>	<b>Perspectiva</b>
1920-1950	Problema sobre el plan de estudios.
1960-1980	Problema sobre la formación.
1980-2000	Problema sobre el aprendizaje.
1990-presente	Problema sobre la política.
Fuente: elaboración de la autora con base en Wallace y Loughran (2012).	

### 3. Investigaciones en torno al conocimiento de los estudiantes. ¿Qué sabemos los profesores acerca de él?

#### 1. Introducción

---

¿Qué sabemos los profesores sobre el conocimiento que tienen los estudiantes? ¿Qué tanto hemos aprendido de estos cuando enseñamos ciencias?, son algunos de los interrogantes que nos proponemos desarrollar en este capítulo. Si bien fue un cambio central dejar de considerar que los alumnos eran tabula rasa, pues durante largo tiempo se mantuvo el paradigma de que sus ideas eran erróneas, resultan relevantes para los docentes las investigaciones en didáctica de las ciencias que nos alertan sobre la necesidad de cambiar esa mentalidad, que aún pervive en algunos espacios escolares.

Identificar diversas perspectivas frente a la comprensión del conocimiento del estudiante, caracterizarlo y ahondarlo, permitirá reflexionar la postura que sobre él tenemos los profesores en nuestra práctica diaria.

Los estudios sobre el conocimiento de los estudiantes, y en particular las investigaciones en el contexto colombiano, serán determinantes para el proceso de transformar las nominaciones y sobre todo el de los cambios en la enseñanza-aprendizaje que asume el docente cuando empieza a reflexionar sobre el papel de este otro conocimiento, el de los estudiantes, como referente epistemológico en el tejido del conocimiento particular, el escolar.

#### 2. Conocimiento de los estudiantes y didáctica de las ciencias

---

Una de las líneas de investigación de mayor tradición en didáctica de las ciencias es conocer y comprender las ideas de los estudiantes. Justamente las críticas a las perspectivas tradicionales (NT) se relacionan con el desarrollo de la investigación sobre las concepciones de los estudiantes, pues los estudios cuestionan su consideración como receptores pasivos de información, en lugar de su participación activa en la elaboración de concepciones espontáneas que les permitan explicar la realidad (Porlán, 1998). A finales del siglo XX se identificaba como una línea de investigación consolidada la descripción y análisis del pensamiento de los alumnos (Martinand, 1996, citado por Porlán, 1998).

Como en su momento lo señalaron Furió y Ortiz (1983), se dio un especial interés por los “errores conceptuales” de los alumnos en numerosas publicaciones. En la Tabla 1 se incluyen algunos artículos que abordaron el estudio de estos ‘errores’, denominados *misconceptions*, al igual que investigaciones sobre las posibles fuentes de estos ‘errores’, como pueden serlo los textos escolares, publicadas en las revistas *Enseñanza de las Ciencias* y *Science Education*. La época corresponde fundamentalmente a la década de los ochenta y esos estudios también abordaron tópicos de física, química y biología. Así, identificar las ideas de los estudiantes se constituyó en un asunto relevante en todos los enfoques de enseñanza desde la perspectiva constructivista (NIT) y la investigación sobre los errores conceptuales en los años ochenta (Appleton, 2007).

**Tabla 1**  
**Ejemplo de investigaciones sobre errores conceptuales de los estudiantes en ciencias**

Autor	Título
Colombo de Cudmani, L. & Cudmani, L. C. (1988)	Física básica: incidencia de la instrucción sobre los errores conceptuales.
Astudillo, H. & Gené, A. (1984)	Errores conceptuales en biología. La fotosíntesis de las plantas verdes.
Caamaño, A. ; Mayós, C. ;Maestre, G. & Ventura, T. (1983)	Consideración sobre algunos errores conceptuales en el aprendizaje de la química en el bachillerato.
Furió, C. y Ortiz, E (1983)	Persistencia de errores conceptuales en el estudio del equilibrio químico.
Hamza, M.; Wickman & Per-Olof (2008)	Describing and Analyzing Learning in Action: An Empirical Study of the Importance of Misconceptions in Learning Science.
Thijs, G. D. (1992)	Evaluation of an Introductory Course on "Force" Considering Students' Preconceptions.



La gran preocupación frente al conocimiento de los estudiantes es evidencia del interés por reconocer que para la enseñanza de las ciencias no es suficiente con preguntarse por el conocimiento del profesor en ciencias, sino que es central reflexionar, hacer explícito y enriquecer el conocimiento que elaboran con relación a los estudiantes. Como señala Vanessa Kind (2009, citando a Ofsted, 2008), aunque los profesores tuvieran amplio conocimiento de la ‘materia’ esto no implica una mejor enseñanza, pues muchos de ellos prestan poca atención a qué y cómo los estudiantes aprenden. Desde otros contextos, Giordan y De Vecchi (1995) también resaltan que el “fracaso de la educación científica” está relacionado con el “menosprecio” del análisis de quien aprende; de reconocer que quien aprende no es un “saco vacío” que se debe rellenar, sino un sujeto que construye permanentemente conocimientos a partir de diversas fuentes (vida cotidiana, medios de comunicación, la enseñanza, etcétera).

A partir de reconocer al estudiante se empieza, en un primer paso, a investigar sus ‘representaciones’. Por eso en Europa, en 1977, en el Coloquio sobre psicología y educación científica, las ‘representaciones’ fueron entendidas así:

*Se concebían tan solo como factores que deben tenerse en cuenta para evitar el bloqueo de los conocimientos: como un tipo de “cosas” que existen en la mente de los alumnos, dotados de una naturaleza estable en cualquier circunstancia y que deben conocerse previamente al comienzo de cualquier curso. (Giordan & De Vecchi, 1995, p. 96)*

Estas investigaciones fueron luego desarrolladas y enriquecidas. Por ejemplo, se indagó sobre la caracterización de dichas representaciones, su evolución, los posibles obstáculos y su relación con otras representaciones; cómo se relacionan con la transposición didáctica y con las estrategias pedagógicas, entre otros (Giordan & De Vecchi, 1995).

En este proceso es fundamental reconocer los numerosos y valiosos aportes de Jean Piaget, los cuales se constituyeron en un importante referente que desde diversos ejes temáticos fueron enriqueciendo las investigaciones sobre el conocimiento de los estudiantes: clasificaciones jerárquicas, como la de las flores y los animales (Piaget & Inhelder, 1967); la constitución de la lógica, alrededor de la flotación y caída de los cuerpos, la combinación de sustancias química coloreadas e incoloras, entre otros (Piaget & Inhelder, 1985). A partir del análisis al proceso de resolución de problemas estos autores plantean estadios para el desarrollo del pensamiento que han sido referentes centrales

en diversas propuestas de enseñanza de las ciencias en general y en la investigación sobre el conocimiento de los estudiantes en particular.

### 3. Perspectivas respecto de la comprensión del conocimiento de los estudiantes

---

Con el constructivismo como referente en las propuestas de enseñanza de las ciencias es innegable reconocer que tenemos ideas desde las cuales conocemos el mundo. Por ello se hizo imprescindible preguntarnos qué saben los estudiantes sobre lo que se va a enseñar?<sup>1</sup>

De esta manera surgieron numerosas investigaciones que describen las ideas de los estudiantes respecto de diferentes tópicos. Otras investigaciones, aunque menos frecuentes, dan cuenta de temas como la coherencia, organización, reorganización y resistencia al cambio, entre otros (Cubero, 1996, 2005). Advertimos, sin embargo, que este tema aún requiere de más claridad en su nominación, sobre la que encontramos gran diversidad de terminología usada (Tabla 2) que también registramos en la revisión de ponencias para eventos científicos (Martínez, Molina & Reyes, 2010); por lo tanto, vemos preocupación por las ideas de los estudiantes en relación con el conocimiento escolar, desde diferentes referentes.

Cubero (1996) señala que algunos autores han pretendido diferenciar el estatus de conocimiento asignando mayor jerarquía al conocimiento científico que a otros conocimientos, como las concepciones erróneas y las creencias o supersticiones (Ambíbola, 1988). Por ello, mientras algunas propuestas de enseñanza buscaron el cambio conceptual a través de la “extirpación del error” (Pope, 1985), para otras el conocimiento científico no es asumido como superior, de ahí la alusión a concepciones, marcos e ideas alternativas que, además de ser diferentes a este conocimiento, permitieron a los niños conceptualizar el mundo. Esto conllevó a que para otros investigadores fuese importante su coherencia, estabilidad y consistencia (Gilbert & Watts, 1983; Giordan, 1985; Martinand, 1981), polisemia que está relacionada con diferentes consideraciones sobre la naturaleza, cambio y uso didáctico de las ideas de los estudiantes (Martín del Pozo, Rivero & Azcárate, 2014).

---

1 Martín del Pozo (2007) destaca que las investigaciones sobre concepciones de los alumnos “adoptan una perspectiva constructivista (nuestro conocimiento acerca del mundo está influenciado por nuestras propias ideas y expectativas y buena parte de la explicación de nuestro comportamiento está en la representación que tenemos de la realidad)” (p.138).



<b>Tabla 2</b> <b>Diversidad de términos usados para dar cuenta de lo que sabe el estudiante</b>	
<b>Denominación</b>	<b>Autor</b>
Concepciones erróneas (misconceptions)	Helm (1980)
Preconcepciones (preconceptions)	Novak (1977)
Ciencia de los niños (children's science)	Gilbert, Osborne & Fensham (1982); Osborne (1980)
Marcos alternativos (alternative frameworks)	Driver & Easley (1978)
Razonamiento espontáneo (spontaneous reasoning)	Viennot (1979)
Representaciones (representations)	Giordan (1978)
Esquemas conceptuales alternativos	Driver & Easley (1978)
Ideas informales	Driver, Asoko, Leach, Mortimer & Scott (1994)
Teorías marcos y teorías de dominio	Vosniadou (1994)
Teorías implícitas	Pozo, Pérez, Sanz y Limón (1992)
Preconcepciones	Ausubel (1968)
Concepciones "lay"	Magnusson, Boyle & Templin (1994)
Teorías ingenuas (Theories naive)	Resnick (1983)

Fuente: elaboración de la autora con base en Cubero (1996, 2005) y Magnusson, Krajcik y Borko (1999).

Uno de los referentes centrales para analizar las ideas de los estudiantes, en términos de 'errores' conceptuales, se realizó desde el enfoque 'clásico' del cambio conceptual, perspectiva que según Vosniadou (2012) ha sido criticada por ser dicho cambio lento y gradual, no es un cambio revolucionario (Caravita & Hallden, 1994); no ser los estudiantes como los científicos (Vosniadou, 2003); ser importantes los factores afectivos y motivacionales (Sinatra & Pintrich, 2003); estar influenciado el cambio conceptual por procesos sociales (Hatano & Inagaki, 2003); y respecto del conflicto cognitivo, centrarse este solo en las cualidades 'erróneas' del conocimiento previo de los estudiantes e ignorar sus ideas productivas (Smith, Disessa & Roschelle, 1993).

Destacamos la referencia de Smith *et al.* (1993), pues como señala Vosniadou (2012) estos autores cuestionan la enseñanza centrada en

reemplazar los conceptos “erróneos”. Con base en esas críticas y en los desarrollos investigativos el grupo de Vosniadou (2012) construye la propuesta denominada “el enfoque de la teoría del marco”, que busca reconocer la organización del conocimiento en subestructuras complejas, así como sus posibilidades de cambio gradual y de diferentes maneras. De dicha propuesta resaltamos las siguientes precisiones:

— Existen diferencias entre ideas preconcebidas y ‘errores’ conceptuales, las primeras son previas a la enseñanza, mientras que los segundos son posteriores.

— Las ideas preconcebidas constituyen un conjunto de creencias interrelacionadas, representan un *marco teórico* coherente, aunque relativamente limitado, en el que los niños no suelen ser conscientes de estas creencias.

— Resaltan las diferencias ontológicas y epistemológicas entre las teorías científicas y las preconcepciones; por ejemplo, respecto del concepto científico de la tierra y la teoría atómica de la materia se requieren cambios ontológicos radicales.

— El cambio conceptual es un proceso lento, pues se trata de una red de conceptos interrelacionados (Smith *et al.*, 1993) que implican cambios ontológicos y epistemológicos.

El problema de las diferencias ontológicas y epistemológicas ha sido retomado por varios autores que han contribuido a evidenciarlas en varios campos. Así por ejemplo, con relación a las ideas en torno a la química Furió, Domínguez, Azcona y Guisasola (2000), así como Pozo y Gómez (1998) resaltan la visión “realista ingenua” de los adolescentes, según la cual el mundo natural coincide con las percepciones sensoriales; desde ella se explican dificultades en el aprendizaje de la química y en particular de las relaciones del mundo macro, microscópico y simbólico que esta conlleva. A su vez, resaltan la importancia de conocer, además de las ideas, cómo razonan y aprenden los estudiantes (Furió & Furió, 2000).

En esta perspectiva planteada por Vosniadou (2012), si bien se hacen algunas críticas a la propuesta del cambio conceptual ‘clásico’, el referente central al que hay que llegar, es el conocimiento científico, en particular respecto de sus modelos y procesos de razonamiento.

Esta también es la preocupación central que se explicita en el componente del conocimiento didáctico del contenido<sup>2</sup>, el “conocimiento de los profesores sobre la comprensión de la ciencia de los estudiantes” propuesto por Magnusson *et al.* (1999), para quienes abarca el conocimiento que los docentes deben tener sobre los estudiantes, a fin de ayudarlos a desarrollar conocimiento científico específico; este comprende dos categorías: los requisitos para el aprendizaje de conceptos específicos de la ciencia y las áreas de la ciencia que son difíciles para los estudiantes.

Como hemos señalado, compartimos que la enseñanza de las ciencias no tiene por meta las ciencias en sí mismas, sino que es un medio para lograr varios fines, como la formación de ciudadanos críticos y argumentados, proceso que involucra la comprensión y enriquecimiento de las explicaciones que suscitan los procesos de la naturaleza.

Queda claro que aludir a las ideas de los estudiantes está relacionado con referentes particulares. Los estudiantes elaboran sus explicaciones sobre el mundo, de ahí que sea muy importante identificar sus ideas. ¿De qué manera? ¿Para qué? ¿Con qué finalidad? ¿Desde qué estrategias didácticas?, son algunas preguntas de esta perspectiva, cuyas respuestas están relacionadas con nuestras concepciones didácticas y de aprendizaje que orientan la razón docente: ¿para qué enseñamos? Así por ejemplo, habría que preguntarnos qué entendemos por constructivismo, dada la posibilidad de identificar varias comprensiones (Cubero, 2005); cuáles son los objetivos y propósitos de la enseñanza de las ciencias, cuál es la naturaleza de la enseñanza, ya que es viable señalar variadas tendencias (Magnusson *et al.*, 1999) desde las cuales la mirada sobre lo que conocen los estudiantes es particular. Diferenciaciones como las realizadas por estos autores contribuyen a enriquecer nuestro conocimiento profesional como profesores de ciencias, específicamente en la construcción de referentes epistemológicos en propuestas de conocimiento escolar, al igual que para abordar las ideas de los estudiantes en la enseñanza.

---

2 Los componentes del conocimiento didáctico del contenido, según Magnusson, Krajuck y Borko (1999), son: orientación a la enseñanza de las ciencias; conocimiento del currículo de ciencias; conocimiento de las comprensiones de los estudiantes sobre la ciencia; conocimiento de las estrategias de enseñanza y conocimiento de la evaluación.

#### 4. Características del conocimiento de los estudiantes

---

Son diversas las denominaciones empleadas para dar cuenta de lo que sabe el estudiante; así, una de las críticas frente al uso de ‘representaciones’ es su vaguedad, puesto que es posible determinar una diversidad de calificativos, como ‘representaciones previas remanentes’, ‘requisitos previos’, ‘paradigmas personales de los alumnos’.

Frente a esta imprecisión, Giordan y De Vecchi (1995) proponen usar los términos ‘concepción’ o ‘constructo’, entendidos como un conjunto de ideas coordinadas que utiliza la persona para razonar. Según estos autores, una concepción se corresponde con una estructura subyacente que comprende el ámbito de significación, por ello la concepción se infiere del funcionamiento mental de quien aprende. Un ejemplo dado por los investigadores es el de un estudiante que alude al movimiento como ‘moverse, correr, levantarse, hacer algo, etc.’. La inferencia que se puede hacer de este ejemplo encierra lo que intuitivamente piensa el estudiante, por ejemplo: ‘movimiento y percepción están íntimamente ligados’. Una concepción es también un modelo explicativo, organizado, sencillo, por lo general empleado como analogía; en biología uno de los primeros modelos explicativos es de carácter antropomórfico, desde el cual el estudiante puede señalar que el animal carnívoro ‘prefiere’ la carne. Las concepciones tienen génesis individual y social. Además, las concepciones<sup>3</sup> pueden evolucionar.

En lo concerniente a las características de las ideas de los alumnos, además de precisar que estas están relacionadas con su carácter personal y el compartir con los distintos grupos, se encuentran otras cualidades: estabilidad y persistencia; su posible similitud con formulaciones señaladas en la historia de la ciencia; su carácter implícito pero manifiesto mediante el lenguaje oral, escrito y gráfico, que no son aisladas, sino que se interrelacionan a modo de teorías personales (Martín del Pozo, 2007). Según Cubero (1996, 2005), son características centrales de las concepciones de los estudiantes las siguientes:

- 3 Giordan y De Vecchi (1995), al señalar que la concepción es un modelo explicativo, aluden a procesos de estructuración de conocimiento, de modo que la concepción puede evolucionar, es un proceso individual; se trata, en palabras de ellos, de “descortezar” el saber, que puede contar con la ayuda de otros, “hacia una conceptualización más avanzada, lo que se traduce a menudo, bien por una complejidad creciente de la argumentación, bien por un cambio de preocupación” (p. 108); sin embargo, consideramos pertinente destacar ese proceso de evolución como otra característica de la concepción.

— *“Organización interna”*: son coherentes y con conexiones a modo de teorías que permiten explicar el mundo a los niños.

— *“Funcionalidad”*: son útiles a los niños para organizar la representación de la realidad y la solución de problemas cotidianos.

— *Estabilidad (“continuidad y cambio de las concepciones”)*: estas son resistentes al cambio, tienden a ser estables a lo largo del tiempo y parece que esto se debe a su relación con un sistema conceptual más amplio que le da estabilidad.

— *Están relacionadas con el desarrollo psicológico (“concepciones y características psicológicas”)*: se construyen en la interacción del niño con el mundo, así permiten comprender el mundo desde su mirada, con unas características psicológicas particulares.

— *Son compartidas (“comunidad de las concepciones”)*: se suelen identificar concepciones compartidas en grupos de sujetos; son construidas por el individuo socialmente, en interacción con los otros y con los objetos.

Es de anotar que estas concepciones pueden o no estar relacionadas con modelos científicos del pasado<sup>4</sup>, pero no es motivo suficiente para ser consideradas ‘errores’ conceptuales; pueden ser explícitas o implícitas, conscientes o inconscientes (Cubero, 1996). El origen de las concepciones, según esta autora, puede ser posiblemente: sensorial, en las concepciones espontáneas; social, en concepciones socialmente inducidas; y escolar-analógico, en concepciones inducidas por la enseñanza, en especial mediante las analogías (Cubero, 1996, 2005).

Para Pozo, Gómez, Limón y Sanz (1991) las siguientes son algunas características de las concepciones alternativas: son construcciones personales; suelen ser incoherentes desde el punto de vista científico; son bastante estables y resistentes al cambio; aunque tienen carácter idiosincrático, son compartidas por personas de diversas características; son de carácter implícito; suelen estar centradas en lo observable, en lo aparente; y aunque se alude a su organización a modo de teorías, la investigación tiende a señalar un carácter fragmentario y descriptivo.

Aludir de manera particular a las ideas de los estudiantes está estrechamente relacionado con nuestros referentes didácticos. Según García (1999), es posible establecer diferentes maneras de entender las

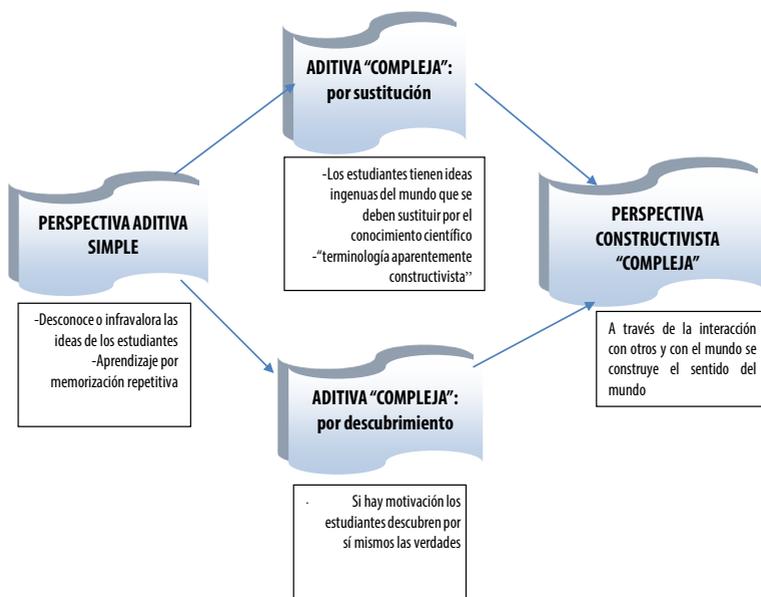
---

4 Algunos investigadores han señalado estas relaciones entre el desarrollo histórico de las ciencias y el aprendizaje que realizan los estudiantes; por ejemplo, Izquierdo (2005).

ideas de los alumnos, acorde con la perspectiva de aprendizaje asumida (Figura 1). Para ello este autor analiza dos dimensiones centrales: la naturaleza de las ideas de los estudiantes y el cambio de las mismas (Tabla 3).

Estos niveles propuestos por García (1999) permiten identificar un gradiente de complejidad respecto a las consideraciones sobre las ideas de los alumnos, relacionado con la mirada sobre el aprendizaje. Así podemos contemplar las siguientes perspectivas: aquellas en las que se desconocen o infravaloran estas ideas y en consecuencia se pretende un aprendizaje repetitivo, que pasa por dos posibles niveles intermedios: uno en el que se busca sustituir las ideas que se consideran ingenuas, por las del conocimiento científico; y otro en el que lo central es la motivación de los estudiantes, no sus ideas, pues se persigue un proceso de descubrimiento; hasta un nivel más complejo, en el que las ideas de los estudiantes son relevantes y se construyen en interacción con el mundo, con los otros (Ver Figura 1).

**Figura 1.**  
**Hipótesis de progresión/transición sobre las ideas de los alumnos**



Fuente: elaborada por la autora a partir de García (1999).



<b>Tabla 3</b> <b>Dimensiones en el análisis de las ideas de los estudiantes,</b> <b>desde diferentes niveles de complejidad</b>		
<b>Nivel/dimensión</b>	<b>Naturaleza de las ideas de los estudiantes</b>	<b>Cambio de las ideas de los estudiantes</b>
Aditiva simple	Organización aditiva no sistémica.	Relaciones causales mecánicas y lineales.
	La memoria se considera como almacén de información (Enciclopedismo).	No reconoce el carácter histórico y evolutivo del aprendizaje.
	Es necesario reconocer al sujeto que aprende (sus procesos psicológicos).	Lo que se aprende se asume como verdad cerrada y absoluta.
Aditiva compleja: por sustitución	Se requiere actividad del sujeto (atención, esfuerzo, motivación, etc.).	Búsqueda de la correspondencia entre la realidad y el conocimiento adquirido (absolutismo epistemológico).
	Los alumnos tienen ideas coherentes y teorías ingenuas.	Búsqueda de la sustitución de ideas erróneas por el conocimiento científico.
Aditiva compleja: por descubrimiento	La mente como papel en blanco. Importancia de las motivaciones e intereses, no de las ideas de los estudiantes.	No hay tratamiento didáctico de las ideas de los alumnos.
	Aprendizaje por descubrimiento espontáneo.	Basado en empirismo ingenuo (todos los sujetos deben llegar a la verdad).
Constructivista Compleja	Concepción evolutiva del aprendizaje.	Concepción relativa de la verdad.
	La interacción entre sujetos y con el medio permite la construcción de sentido al mundo	Reorganización de sistema de ideas.

Fuente: elaboración de la autora con base en García (1999).

Sobre las características de las ideas de los alumnos, Porlán y Rivero (1998) consideran las siguientes:

— *Su naturaleza, pues no se trata de ‘errores’ a ser sustituidos, sino de concepciones alternativas.*

— *Los diversos niveles de complejidad, pues no se trata de saber y no saber.*

— *Su organización, dado que no se encuentran fragmentadas y aisladas.*

— *Su evolución, ya que se da un cambio gradual y progresivo.*

Señalamos en esta diversidad de investigaciones algunas tendencias respecto a las ideas de los estudiantes:

— *Origen: a la vez individual y social.*

— *Naturaleza: comprende las maneras particulares y alternativas de dar sentido y explicar el mundo.*

— *Organización: son sistemas de ideas con relativa estabilidad y coherencia.*

— *Estabilidad y cambio: es posible favorecer procesos evolutivos de manera gradual y progresiva.*

— *Validez: son funcionales y válidas en determinados contextos.*

Por otra parte, observamos en estos estudios puntos de tensión sobre los cuales es necesario continuar investigando; por ejemplo, con relación al grado de organización y a los procesos de cambio o enriquecimiento.

## 5. Investigaciones sobre el conocimiento de los estudiantes en ciencias

---

En este apartado indicaremos, a modo de ejemplo, algunas investigaciones sobre las ideas de los estudiantes en torno a tópicos específicos de las ciencias de la naturaleza; en particular, resaltamos las publicaciones de algunos autores, por considerarlas referentes fundamentales.

Driver, Guesne y Tiberghien (1992) hacen una compilación de estudios sobre las concepciones de los niños con relación a tópicos específicos de las ciencias. En la Tabla 4 registramos varios tópicos analizados, que abordan fundamentalmente contenidos de la física y la química<sup>5</sup>. Como lo indican en el prefacio, su libro fue motivado por un encuentro científico en 1978 sobre las concepciones de los niños hacia las ciencias, y aún sigue considerándose referente central en la investigación y construcción de propuestas didácticas.

En estos estudios compilados por las citadas autoras se señalan algunas características de las concepciones de los niños, en las que destacan las siguientes tendencias:

- *Se basan en la percepción y en las características observables.*
- *Enfoques limitados, que centran la atención en elementos sobresalientes sin tener en cuenta la interacción.*

<b>Tabla 4</b> <b>Algunos tópicos analizados respecto a las ideas de los niños(as),</b>	
<b>Autor</b>	<b>Tópico analizado</b>
Guesne (1992)	La luz.
Ericsson & Tiberghien (1992)	Calor y temperatura.
Gunstone & Watts (1992)	Fuerza y movimiento.
Nussbaum (1992)	La materia en los gases.
Driver (1992)	La conservación de la materia en procesos físicos y químicos.

Fuente: elaboración de la autora con base en Driver, Guesne y Tiberghien (1992).

---

5. En los últimos años esta tendencia se mantiene, son más abundantes las investigaciones sobre concepciones de los estudiantes en física y química, que en biología y geología (Martín del Pozo, 2007).

- *Centramiento en las modificaciones y cambios sin tener en cuenta las situaciones de equilibrio.*
- *Los razonamientos tienden a seguir una secuencia causal lineal.*
- *Uso de conceptos indiferenciados, de nociones que implican propiedades de diversos conceptos científicos.*
- *Uso de diferentes ideas, para explicar situaciones que son explicadas de la misma manera desde el punto de vista científico.*

Esta publicación resulta enriquecedora en sus aportes ya que ofrece la diversidad de análisis a las ideas de los alumnos, en diálogo con los maestros e investigadores a quienes está dirigida. Por ejemplo, en el capítulo de Driver (1992) se invita a los profesores a reflexionar respecto de los objetivos que buscamos en relación con los cambios de la materia:

*El punto de vista que presentamos en la escuela a los niños muestra que, a pesar de las apariencias, la materia no va y viene; que consiste en bloques básicos de construcción o átomos (alrededor de 100 tipos diferentes) y que la diversidad de las mutaciones observables se debe a los cambios de las configuraciones de estos bloques básicos de construcción. (Driver, 1992, p. 226).*

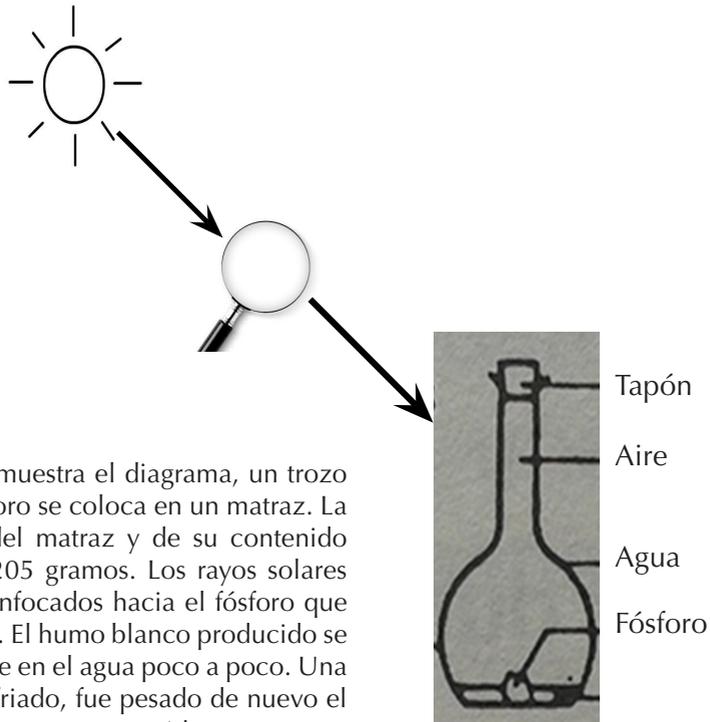
Aunque la cita está hecha con el referente de la química y la visión en la didáctica de las ciencias a finales del siglo XX, se preocupa por la mirada de los científicos. Son ideas potentes para el profesor que busca enriquecer su conocimiento y en particular le permite reflexionar sobre cuáles son las ideas que suelen presentar los estudiantes respecto a cambio de estado y procesos de disolución y combustión; la autora incluye ejemplos de situaciones para indagar sobre las ideas a través de dibujos, explicaciones, tabulaciones y análisis, por ejemplo, una circunstancia en la que se averigua sobre la conservación de la materia en un proceso de reacción química, contexto que enriquece nuestro conocimiento didáctico (Figura 2).

Este ejemplo, en el que se indaga sobre los procesos de conservación de la materia en una reacción química, es un aporte didáctico en el cual se evidencian las dificultades de comprensión, que se corresponden con las de los estudiantes colombianos (Martínez, 1991).

El trabajo de Prieto, Blanco y González (2000), centrado en el tópico de la materia y los materiales, ofrece una propuesta en la que de mane-



**Figura 2**  
**Ejemplo de situaciones a través de las cuales se indaga la conservación de la materia en una reacción química**



Como muestra el diagrama, un trozo de fósforo se coloca en un matraz. La masa del matraz y de su contenido es de 205 gramos. Los rayos solares están enfocados hacia el fósforo que se infla. El humo blanco producido se disuelve en el agua poco a poco. Una vez enfriado, fue pesado de nuevo el matraz con su contenido

(a) ¿Cuanto crees que pesara? (Señala la casilla que corresponda)

**A** Más de 205 gramos

**B** 205 gramos

**C** Menos de 205 gramos

**D** No dispongo de información suficiente para responder

b) Razona tu respuesta

Fuente: Driver (1992).

ra explícita se busca pasar de “los conocimientos científicos a la ciencia escolar”, a través de la “transposición didáctica”<sup>6</sup>. En la propuesta se evidencian los criterios con relación a la “adecuación científica”, además de los educativos y didácticos, de tal manera que para estos investigadores se asume una postura que en la enseñanza de las ciencias constituye un conocimiento particular, denominado “ciencia escolar”.

Destacamos cómo dichos autores abordan diferentes aspectos al reconocer este conocimiento particular, por ejemplo, la pertinencia del modelo de esferas rígidas, en los primeros niveles de explicación:

*El modelo de esferas rígidas resulta suficiente porque el estudio de la naturaleza corpuscular de la materia, en estos niveles, está asociado a los primeros intentos de explicación de fenómenos como: los estados de agregación de la materia y los cambios de estado; los procesos de difusión y de disolución; el calor y su transferencia; la corriente eléctrica o las reacciones químicas. (Prieto, Blanco & González, 2000, p. 39).*

De esta manera resaltan, no solo la reflexión sobre las concepciones de los estudiantes, sino también las concepciones que elaboramos los maestros; verbigracia, nos invitan a reflexionar sobre por qué usar determinados modelos, cuál es su pertinencia y cuáles sus limitaciones.

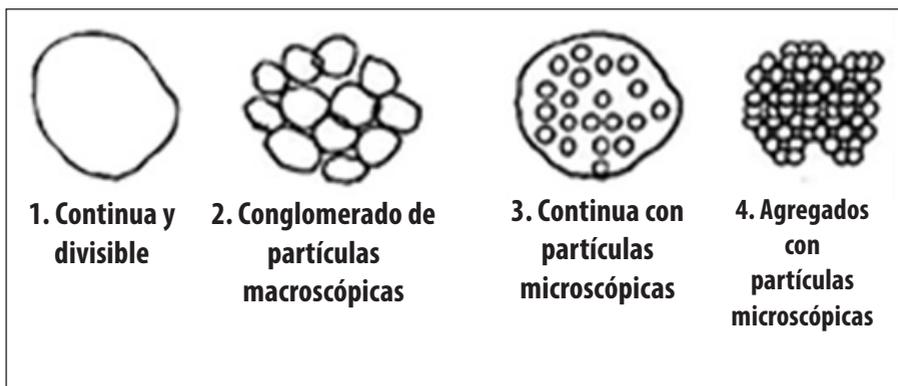
Prieto, Blanco y González (2000), además de abordar las concepciones de los alumnos, analizan y realizan una propuesta respecto del tratamiento y la secuenciación de los contenidos sobre *materia y materiales* en Primaria, los cuales contextualizan la propuesta educativa española del momento, la ESO<sup>7</sup>, y a partir de allí proponen la secuenciación de los contenidos para cada etapa del ciclo educativo, en la que incluyen actividades de enseñanza.

---

6 Corresponde a la propuesta elaborada por Chevallard (1991), según la cual la transposición didáctica es “el ‘trabajo’ que transforma de un objeto de saber a enseñar en un objeto de enseñanza” (p. 45) y que para estos autores parece ser entendida a modo de traducción. “La traducción que los conocimientos han de experimentar al pasar del conocimiento de la ciencia, tal como es producida por los científicos, al ámbito de la ciencia escolar, constituye un aspecto clave para tomar conciencia de la naturaleza de la enseñanza de las ciencias” (p. 62).

7. ESO es la sigla de Educación Secundaria Obligatoria en España

**Figura 3**  
**Modelos sobre la materia elaborada con base en explicaciones de los estudiantes**



Fuente: Prieto, Blanco y González (2000).

Dichos autores también estudian las concepciones que los estudiantes tienen sobre la materia, cuyos resultados presentan organizados en torno a: orígenes del concepto de material, concepto de materia y naturaleza corpuscular. Esas investigaciones permiten señalar la diversidad de instrumentos para indagar en las ideas y el análisis de estas, de tal manera que se constituyen en una fuente metodológica importante. En la Figura 3 vemos algunos modelos que los autores proponen sobre la materia, elaborados con base en las explicaciones de los estudiantes.

Entre los aspectos centrales sobre las concepciones de los estudiantes está, de acuerdo a sus edades, el carácter progresivo respecto a la materia y los materiales:

*A cada edad y nivel corresponden preferentemente unas concepciones más que otras, y el hipotético tránsito de una concepción más elemental a otra más sofisticada supone procesos de superación de ideas, de puesta en juego de un mayor número de factores y elementos en el análisis de situaciones y, en definitiva, de un progreso en la comprensión. (Prieto, Blanco & González, 2000, p. 108).*

Frente a la preocupación de las ideas de los estudiantes: del cómo entenderlas, identificarlas, saber qué papel cumplen y qué hacer con ellas, la investigadora Cubero (1989) presenta alternativas de gran ayuda para iniciar el proceso de reflexión y formación didáctica. De esta manera logramos comprender tres posibilidades de relación entre las concepciones de los niños y el nuevo conocimiento: en la primera no

se incorpora la nueva información, sino que se aprenden algunos términos científicos que ‘simulan’ un aprendizaje; en la segunda se incorpora cierta información pero de manera compartimentada, que depende de la situación; y en la tercera sí hay integración parcial o total de la nueva información. Tres posibilidades para que reflexionemos sobre qué puede ocurrir con las concepciones de nuestros estudiantes en un proceso de enseñanza.

Rosario Cubero (1989) nos ofrece también varias opciones sobre cómo identificar las concepciones y señala ejemplos de técnicas e instrumentos que abarcan, entre otros, los siguientes aspectos: cómo organizar la información; ejemplos específicos a través de los tópicos del cuerpo humano y conjuntos; condiciones centrales del trabajo en el aula; ideas básicas en torno a la necesidad de revisar los resultados de investigaciones e indagar sobre las concepciones de los estudiantes. Al respecto la autora hace un llamado para que los maestros revisemos los resultados de investigaciones en otros contextos y a la vez resalta la importancia de indagar sobre las concepciones que nuestros estudiantes han elaborado en contextos particulares:

*Es necesario que el profesor se interese por, y conozca, las concepciones de los niños de su aula. Conocer los resultados de otros estudios y estar al tanto de las investigaciones que exploran las ideas de los alumnos en distintos campos es útil para obtener una información importante y necesaria para nuestro trabajo, pero conocer tipologías de concepciones de los niños en general no sustituye, no puede sustituir, el estudio de las concepciones de nuestros niños. Son precisamente las ideas de los alumnos con los que trabajamos las que más nos interesan si queremos ajustar la ayuda pedagógica de una forma personalizada. (Cubero, 1989, p. 60)*

Destacamos la propuesta didáctica de este libro, que no solo está pensado como “un instrumento práctico que asesore al profesor”; sino que además de estar escrito de manera sencilla ofrece una gran variedad de ejemplos, de modo que permite una primera aproximación para indagar y profundizar sobre las concepciones de los estudiantes.

Uno de los ejemplos de Cubero (1996) sobre las concepciones de los niños aborda el tema de la digestión en los seres humanos, en el que la autora las asumió como un “conjunto de conocimientos, de ideas asimiladoras que el niño y la niña han construido en su interacción con el mundo y que les sirve para dar sentido a su experiencia” (p. 238). La investigación le permitió elaborar una secuencia de representación del



proceso digestivo, progresivamente más cercano al conocimiento científico de referencia, elaborada con base en el conocimiento del niño. Los siguientes son los niveles:

Nivel 1, el cuerpo como contenedor. No se identifican funciones u organización del interior del cuerpo.

Nivel 2, tránsito de la comida por el cuerpo. Se identifica un órgano para almacenar o dar tránsito a la comida; la digestión está asociada al tránsito de la comida; no se reconocen procesos de distribución ni de asimilación.

Nivel 3, se identifica una secuencia de órganos a través de los cuales pasa la comida, desde la ingesta hasta la expulsión de desechos; no hay distribución de alimentos en el cuerpo; no registra sustancias específicas en el alimento.

Nivel 4, se identifica una secuencia de órganos por los cuales pasa la comida, desde la ingesta hasta la expulsión, igual que el anterior, pero se explica la función de la comida e incorporan sustancias, aunque se desconoce el proceso de asimilación.

Nivel 5, se identifica una cadena de órganos conectados, compuesta por esófago, estómago e intestinos. Se registra mayor conocimiento de los órganos, así como el proceso de distribución de sustancias en el cuerpo a través de la sangre. En los alimentos se señalan sustancias como proteínas, vitaminas, grasas, etcétera.

Las investigaciones de Cubero (1996) aportan también a la elaboración de propuestas didácticas que permiten comprender procesos de enriquecimiento de las ideas de los alumnos. Para dar cuenta de estas se han utilizado estrategias como cuestionarios, entrevistas y observaciones (Cubero, 1989), al igual que diferentes técnicas e instrumentos (Tabla 5).

**Tabla 5**  
**Ejemplos de técnicas usadas en la identificación de las ideas de los estudiantes**

<b>Autor</b>	<b>Técnica e instrumentos usados</b>
Harlen (1998)	Preguntas abiertas
Iwasyk (1997)	Preguntas de los estudiantes
Turner (1997)	Entrevistas y observaciones de los profesores(as) a sus estudiantes
Keogh & Neylor (1999)	Uso de caricaturas
Edens & Potter (2003).	Dibujos de los estudiantes

Fuente: elaboración de la autora con base en Appleton (2007).

De las didácticas específicas hay publicaciones en las que se abordan de manera detallada las revisiones de investigaciones en torno a las ideas de los estudiantes, tal es el caso del trabajo presentado por Pozo, Gómez, Limón y Sanz (1991), en el que se detallan los análisis y los instrumentos utilizados en las investigaciones, y se ofrecen los resultados, en torno a las ideas de los estudiantes sobre la química.

## 6. Investigaciones sobre el conocimiento de los estudiantes en ciencias, en el contexto colombiano

En cuanto a las investigaciones que se han realizado en Colombia respecto de las ideas de los alumnos, en la Tabla 6 damos algunos ejemplos retomados del Sexto Congreso Internacional sobre Formación de Profesores de Ciencias, realizado en Bogotá entre el 8 y 10 de octubre de 2014.

Estas investigaciones constituyen valiosos referentes para comprender cuál es el conocimiento que han elaborado los niños y jóvenes colombianos, identificar nuevas problemáticas y poder elaborar propuestas de enseñanza más pertinentes para nuestros contextos. Estos estudios muestran, entre otros, los siguientes aspectos: la influencia de los medios de comunicación (Castillón & Amórtegui, 2014); la necesidad de integración y relación entre diferentes conceptos (Jiménez, Molina & Carriazo, 2014); la diversidad de concepciones de los estudiantes, así como de la comunidad científica (Mosquera & Amórtegui, 2014); la falencia en conceptos básicos de la química en estudiantes de Bogotá

<b>Tabla 6</b> <b>Ejemplos de investigaciones realizadas en Colombia respecto al conocimiento de los estudiantes en ciencias</b>	
<b>Autor</b>	<b>Asunto investigado</b>
Jiménez, Molina y Carriazo (2014)	Concepciones sobre ácidos y bases, en estudiantes de grados octavo y noveno de secundaria, en dos colegios de Bogotá.
Castillón y Amórtegui (2014)	Concepciones sobre mutación, en estudiantes de noveno grado, de Neiva.
Mosquera y Amórtegui (2014)	Concepciones sobre evolución humana, en estudiantes de octavo grado, de Neiva.
Salamanca (2014)	Ideas previas sobre el concepto de mol, en estudiantes en Bogotá.
Delgado y Díaz (2014)	Modelos mentales de los conceptos de esterilizante, desinfectante y antiséptico, en las estudiantes de décimo y once grado, en Medellín.
Piza y Peña (2014)	Representaciones sociales de ambiente, en estudiantes universitarios, en Bogotá.
Cortes, Molina y Melo (2014)	Importancia de los intereses e inquietudes de los estudiantes sobre el embarazo precoz, en trabajos de una especialización, en Bogotá.
Castelblanco, Córdoba y García (2014)	Habilidades cognitivas lingüísticas para describir, explicar, justificar y argumentar, en estudiantes tecnológicos.

Fuente: elaboración de la autora con base en las Memorias del Sexto Congreso Internacional sobre Formación de Profesores de Ciencias (2014).

(Salamanca, 2014); la prevalencia de modelos mentales básicos y la ausencia de claridad en los estudiantes sobre conceptos relacionados con el control de microorganismos (Delgado & Díaz, 2014). Sobresalen las representaciones sociales ‘naturista’ y ‘antropocéntrica cultural’. Se elaboran dos categorías de representaciones sociales de ambiente, una ‘simplificadora’ y otra ‘compleja’, las cuales denotan la importancia de ahondar en este debate frente al tema ambiental por parte de futuros profesores (Piza & Peña, 2014). Como vemos, estas investigaciones señalan diversas perspectivas teóricas en torno al conocimiento de los estudiantes, entre otras: concepciones, modelos mentales y representaciones sociales.

## 7. Investigación sobre el conocimiento del estudiante más allá de los contenidos conceptuales

---

Respecto del conocimiento de los estudiantes se indagan sus actitudes y procedimientos, así como el aprendizaje conceptual. En el Sexto Congreso Internacional sobre Formación de Profesores de Ciencias se reportaron investigaciones sobre inquietudes de los estudiantes relacionadas con el embarazo precoz (Cortés, Molina & Melo, 2014) y las habilidades cognitivo- lingüísticas (Castelblanco, Córdoba y García, 2014).

Esta mirada más amplia del conocimiento de los estudiantes, que trasciende sus concepciones, también la vemos en el enfoque de ciencias, tecnologías y sociedad-ambiente (CTS-A); así por ejemplo, en el 9.º Congreso Internacional sobre Investigación en Didáctica de las Ciencias, realizado en Girona (España) en 2013, se reportaron entre otros los siguientes trabajos: las actitudes de los estudiantes de educación tecnológica en Brasil con referencia a las relaciones ciencia, tecnología, sociedad y ambiente (Albino, De Oliveira, Araújo, Dantas & Gonçalves, 2013); en el estudio de cuestiones sociales controvertidas se nota interés por indagar tanto las comprensiones de los estudiantes como sus valores y creencias, por ejemplo, Medeiros y Castells (2013), analizan los argumentos, valores y creencias de los estudiantes de tercer año de enseñanza media<sup>8</sup> en torno a la fertilización *in vitro*; también se investigan las actitudes hacia la ciencia y en particular la escolar en

---

8 En Brasil la enseñanza Media corresponde a edades aproximadas entre 15 y 17 años (Lopes & De Alba, 2014)

estudiantes al finalizar la Educación Primaria (Verde, Pablos, López & Vallés, 2013); al igual que la metacognición, sobre todo respecto de las habilidades visoespaciales y estereoquímica, en química orgánica, por parte de Cadavid y Tamayo (2013).

Los anteriores estudios revelan que la investigación en el conocimiento de los estudiantes comprende, además de las dimensiones conceptuales, las actitudes, valores, creencias y procesos metacognitivos. De manera explícita se indica que aludir al conocimiento de los estudiantes no se trata de restringirlo a sus concepciones o ideas, sino que implica analizar otras dimensiones: afectivas, valorativas, axiológicas, entre otras, hecho visible en la definición de temas centrales en eventos especializados, como en el Noveno Congreso Internacional sobre Investigación en Didáctica de las Ciencias (ya citado), en el que se abordaron los siguientes temas: educación científica en contextos formales; educación ambiental y educación para la sostenibilidad; aprendizaje científico y factores cognitivos, emocionales y sociales; lenguaje y argumentación; enfoques de la educación científica en contexto; complejidad e interdisciplinariedad. Esta diversidad es muestra de la amplitud de estudios respecto al conocimiento del estudiante.

Por eso hemos destacado la gran influencia de los trabajos de Piaget en investigaciones que abordan el pensamiento de los estudiantes; en los estudios de Pozo *et al.* (1991) se señalan las variables relacionadas con el sujeto, las cuales influyen en el aprendizaje de la química, y además del conocimiento previo se reconocen el pensamiento formal, la capacidad mental, la dependencia/independencia de campo, el razonamiento espacial y el sexo.

## 8. Proceso de transformación del conocimiento de los estudiantes

---

Sobre este aspecto hallamos investigaciones que buscan dar cuenta tanto de la caracterización del conocimiento de los estudiantes como de su proceso de transformación, cambio o progresión. Así por ejemplo, un investigador de referencia en la enseñanza de las ciencias, como lo es Giordan (1985), con base en sus investigaciones con niños, elabora una propuesta de evolución global de la actitud científica —la cual retoma de Host (1978)— en relación con la curiosidad, la creatividad, la confianza en sí mismo, la actividad investigadora y la apertura a los otros y al medio exterior; algunas de estas características las recogemos en la Tabla 7. Según Giordan, es necesario precisar que no se trata de

<b>Tabla 7</b> <b>Ejemplo de niveles de evolución de las actitudes científicas en los niños(as)</b>			
<b>Nivel/categoría</b>	<b>Curiosidad</b>	<b>Creatividad</b>	<b>Actividades investigadoras</b>
Nivel 1	No manifiesta interés.	Centrada en la repetición.	Es pasivo.
Nivel 2	Realiza observaciones superficiales.	Crea centrado en parámetros presentes (lo que ve inmediatamente).	Investiga con ayuda y aporte de otros.
Nivel 3	Reorganización inicial de las observaciones, elabora preguntas desde una perspectiva egocéntrica.	Crea relacionando parámetros, usa tanteo experimental, elabora explicaciones e ideas originales.	Investiga por sí mismo, solo ve una posibilidad, frente al fracaso se detiene.
Nivel 4	Elabora preguntas que generan investigaciones en la clase. Actividad intelectual constructiva.	Propone múltiples relaciones, elabora marcos o modelos, propone diversas explicaciones o hipótesis.	Investiga a partir de sus propias preguntas, plantea diversas posibilidades, no centrado en el éxito.

Fuente: elaboración de la autora con base en Giordan (1985).

etapas recorridas por todos los estudiantes, ni de una evolución lineal, sino que pueden darse mezclas, espacios en los niveles, e incluso son frecuentes las regresiones.

En la actualidad varias investigaciones constatan la preocupación por dar cuenta de este proceso de cambio (enriquecimiento, progresión, etc.). Llancaqueo, Lebrecht y Jiménez-Gallardo (2013) analizan el conocimiento inicial de estudiantes de ingeniería en la asignatura de física sobre los conceptos de fuerza, energía y progresividad en el aprendizaje, a partir de situaciones problema. En el mismo sentido, Pérez y Jiménez-Pérez (2013) estudian las concepciones de estudiantes de Primaria sobre la materia y las dificultades en la evolución de ellas. Estos dos ejemplos señalan que las investigaciones sobre el conocimiento de los estudiantes se desarrollan no solo en varios niveles educativos, sino que buscan comprender el proceso de cambio.



<b>Tabla 8</b> <b>Ejemplo de progresiones de aprendizaje sobre la teoría atómico-molecular de la materia</b>			
<b>Nivel</b>	<b>Grados 3-5 Grados K-2</b>	<b>Grados 6-8 Grados K-8</b>	
Características Generales	-Comprensión a nivel macroscópico  -Los objetos están hechos de diferentes materiales, tienen peso y ocupan espacio.	-Desarrollo de una comprensión inicial de la teoría atómico-molecular.  -Diferenciación entre elementos y compuestos.	
Ideas Centrales	¿De qué están hechas las cosas y cómo se puede explicar sus propiedades?	-Los objetos están hechos de materiales específicos.	-Los materiales pueden ser elementos, compuestos o mezclas.
	¿Qué cambia y qué permanece constante cuando las cosas se transforman?	-La congelación y ebullición, cambian algunas propiedades de los materiales, pero otras no.	-La masa y el peso (el volumen no), son conservadas a través de cambios químicos, disolución, cambio de fase, y expansión térmica.
	¿Cómo lo sabemos?	-La medición implica comparación.	-Los átomos son demasiado pequeños para verlos directamente con herramientas corrientes.

Fuente: elaboración de la autora con base en la National Research Council (2007).

Desde la National Research Council, Academia Nacional de Ciencias de Estados Unidos<sup>9</sup>, se ha considerado la propuesta de progresiones de aprendizaje en ciencias hacia sucesivas formas más sofisticadas de pensar, en torno al tópico: “Learning progressions are descriptions of the successively more sophisticated ways of thinking about a topic that can follow one another as children learn about and investigate a topic over a broad span of time (e. g., 6 to 8 years)” (National Research Council, 2007, p. 214). Por ejemplo, para el caso de la teoría atómico-molecular de la materia proponemos la siguiente progresión de aprendizajes (Tabla 8), elaborada con base en los trabajos de Smith, Wiser, Anderson y Krajcik (2006); y de Smith, Wiser, Anderson, Krajick, y Coppola (2004), quienes retoman las respuestas cada vez más sofisticadas que los niños elaboran de las preguntas: ¿de qué están hechas las cosas y cómo se pueden explicar sus propiedades?, ¿qué cambia y qué permanece constante cuando las cosas se transforman?, y ¿cómo lo sabemos?, respuestas que los autores clasifican en lo que denominan grandes ideas y que corresponden a ideas *core* o centrales.

Aunque las investigaciones sobre las progresiones de aprendizaje son recientes (Fortus & Krajcik, 2012), podemos ubicar algunas, como la de Talanquer (2008), que se adelantó en relación con el pensamiento de los estudiantes sobre la estructura de la materia; para esto se analizaron diversas categorías en el proceso de una perspectiva novata a una experta. Otra es la de Park, Light, Swarat y Denise (2009), quienes analizaron variaciones conceptuales sobre la estructura atómica; relacionan modelos mentales de los estudiantes y modelos científicos.

También se adelantan estudios sobre progresiones de aprendizaje en profesores, como es el caso de Schneider y Plasman (2011), quienes elaboran progresiones para los componentes del CDC. Así por ejemplo, en orientaciones de la enseñanza crearon una progresión de objetivos, que va desde aquellos que incluyen información y conceptos contenidos en el currículo y que deberían ser presentados correcta y completamente, hasta un nivel en el cual los objetivos de enseñanza incluyen información, conceptos y procesos, y algunos aspectos sobre la naturaleza de las ciencias, determinados por la ciencia y los fenómenos de la vida diaria. Estos son aspectos de comprensión de esas ideas con los que deberían beneficiarse los estudiantes.

9. Entidad de carácter privado sin ánimo de lucro, establecida por el Congreso de los Estados Unidos desde 1863, que asesora a la nación en asuntos relacionados con la ciencia y la tecnología. Ver <http://www.nationalacademies.org/about/whowear/index.html>

En Friedrichsen y Berry (2015) encontramos un análisis de posibilidades y críticas para aplicar al CDC en las progresiones de aprendizaje y así construir niveles de progresión del conocimiento didáctico del contenido. Un aspecto central que resaltan estas autoras es la importancia de tener en cuenta la naturaleza compleja del CDC, pues no se trata de un proceso lineal, por el contrario, es situacional y contextual. Esta perspectiva compleja se incluye en los análisis del Grupo de Investigación en Didáctica de las Ciencias, en torno a las hipótesis de progresión/transición inspiradas en el proyecto IRES (Grupo de Investigación en la Escuela, 1991).

Otro aspecto a destacar de estas investigaciones es que suelen aludir a las dificultades, obstáculos y ‘errores’ conceptuales; resaltamos, por ejemplo, las dificultades epistemológicas en el aprendizaje de sistemática biológica, investigadas por Contreras, Escalona y Bianchi (2013) y los obstáculos de aprendizaje en genética (Abril & Muela, 2013).

Como se señaló al inicio de este capítulo, han sido numerosas las investigaciones que han buscado identificar ‘errores’ conceptuales, al punto de ser posible encontrar un inventario de ellas en diferentes temáticas. Es el caso de la Asociación Americana para el Avance de las Ciencias (American Association for the Advancement of Science, 2016)<sup>10</sup>, que enuncia ‘errores’ conceptuales codificados, así como la frecuencia con la que suelen presentarse en los estudiantes, además de incluir las fuentes que aluden al ‘error’. Así entonces, frente a los tópicos átomos, moléculas y estados de la materia plantean ideas claves como: “todos los átomos son extremadamente pequeños” y ‘errores’ conceptuales identificados con el código AMM032, que corresponde a: “átomos o moléculas de un sólido no están en movimiento”, el cual presenta una frecuencia del 14% en los estudiantes de los grados 6.º-8.º y del 10% en los grados 9.º-12.º.

---

10 Dicha asociación presenta estas fuentes de acceso gratuito en la web desarrollada en el Proyecto 2061 de Evaluación en Ciencias de la AAAS (AAAS Project 2061 Science Assessment Website) y, entre otros, elabora materiales con base en las respuestas de los exámenes nacionales de ciencias. El Proyecto 2061 comprende trabajos sobre el currículo, objetivos del aprendizaje de las ciencias y evaluación y desarrollo de los profesores (American Association for the Advancement of Science, 2016).

Asimismo, es evidente la consolidación de la línea de investigación del conocimiento de los estudiantes centrada en muchos casos en la identificación de errores y con escasos o nulo énfasis en los aspectos en los que podríamos apoyarnos, aquellos que dinamizan o movilizan el proceso de enseñanza y aprendizaje. Del mismo modo, dichas investigaciones relievan la consideración de un referente central, el conocimiento científico y especialmente el atinente a los conceptos, además de centrarse, en los contenidos escolares, en torno a estos. Es por eso que desde nuestras investigaciones hemos desarrollado una propuesta de análisis que comprende los ejes DOC (dinamizadores, obstáculo y cuestionamiento), que permiten reconocer la complejidad del conocimiento (Martínez, 2000, 2005a, 2016; Ballenilla, 2003).

Ante esta complejidad, y en relación con las distintas miradas educativas, surgen cuestionamientos: ¿Qué relaciones podemos identificar entre las propuestas de enseñanza de las ciencias en los sistemas educativos? ¿Cómo se han construido estas propuestas? ¿Quiénes han participado? ¿Qué caracteriza esas propuestas? ¿Qué se busca con estas propuestas? ¿Cuáles son los retos actuales que se asumen en la enseñanza de las ciencias en los diversos contextos?

## 9. El conocimiento de los profesores de ciencias sobre el conocimiento de los estudiantes

---

Como ya lo indicamos, el conocimiento sobre la comprensión de los estudiantes respecto de la ciencia ha sido considerado uno de los componentes del conocimiento didáctico del contenido (Magnusson, Krajick & Borko, 1999) y asumido como uno de los conocimientos centrales del conocimiento profesional de los docentes de Ciencias y su proceso de formación (Porlán & Rivero, 1998).

Las investigaciones señalan consideraciones que los profesores de ciencias realizan sobre el conocimiento de los estudiantes; así por ejemplo, López (1994) analiza el de dos maestros de Primaria, en los que identifica dos tendencias: una corresponde a la postura de uno de ellos, que asume el conocimiento de los alumnos como errores que deben ser corregidos durante la enseñanza a partir de la visión científica, es decir, no hay preocupación por conocer sus ideas y adaptarlas al currículo, y la otra muestra a un profesor con concepciones alternativas para comprender el mundo; de ahí la importancia del conocimiento de los estudiantes, de sus ideas, para trabajarlas desde sus experiencias.

Otros resultados de investigaciones, como los citados por Abell (2007), señalan los siguientes aspectos: limitaciones en el conocimiento del profesor respecto de las ideas de los estudiantes sobre la electricidad (Pine, Messer & St.John, 2001); uso de diferentes métodos por parte de los docentes de Primaria para indagar lo que los estudiantes saben (Morrison & Lederman, 2003) y reconocer la importancia del conocimiento previo del estudiante aunque no se use alguna herramienta de evaluación para identificarlo.

Estos resultados nos señalan un interesante problema de investigación, pues a pesar de los estudios sobre el conocimiento de los estudiantes este requiere ser reflexionado e incorporado de forma crítica en las propuestas de formación de docentes y desarrollo profesional. Es de resaltar que el conocimiento de los profesores sobre las comprensiones de los estudiantes no es aislado, sino que está relacionado con otros, como el conocimiento de los contenidos (Abell, 2007) y con respecto a las orientaciones de la enseñanza, ya que las orientaciones cambian según las necesidades de los estudiantes (Friedrichsen, 2002), aspectos que reiteran la complejidad del conocimiento del profesor, así como la importancia de su enriquecimiento. Esta significativa interrelación entre los componentes del conocimiento didáctico del contenido también ha sido señalada en los resultados de investigaciones realizadas en el contexto colombiano (Reyes, 2014; Fonseca, 2014).

Entre las investigaciones que enriquecen el conocimiento de los profesores presentamos la de Martín del Pozo (2007), quien en su libro *Aprender para enseñar ciencias en Primaria. Una propuesta para la formación del profesorado* ofrece una propuesta didáctica alrededor de la composición y cambios de los materiales en Primaria. Aquí la autora describe un proyecto formativo desarrollado con futuros profesores con base en los referentes de la red IRES<sup>11</sup> y el grupo DIE<sup>12</sup>; refiere el trabajo realizado en cada actividad con relación a problemas como el asociado a los contenidos que se enseñan y a los que sería deseable enseñar, aspectos que identifica como primarios en el proceso de formación, y analiza las concepciones de los futuros profesores, sus obstáculos al

---

11. Investigación y Renovación Escolar, proyecto de la Universidad de Sevilla (España). La descripción de esta red se encuentra en el siguiente enlace, en el que podemos identificar diversas fuentes sobre temas y polémicas educativas en España para el diálogo, estudio, investigación, y una perspectiva histórica del proyecto: [http://www.redires.net/Tercera\\_web\\_IRES/proyecto.htm](http://www.redires.net/Tercera_web_IRES/proyecto.htm)

12. Didáctica e Investigación Escolar, de la Universidad de Sevilla (España).

igual y el proceso de construcción de las unidades didácticas. Otro problema estudiado tiene que ver con lo que los profesores sabemos y deberíamos saber, lo cual la lleva a identificar una diversidad de formulaciones en el grupo en torno a un mismo concepto. Por otra parte, la investigadora incluye un capítulo en el que analiza las concepciones que los futuros docentes manifiestan en cuanto a las concepciones de los alumnos sobre los contenidos curriculares, referidos a la composición y el cambio de los materiales al diseñar una unidad didáctica.

A sabiendas de ser las concepciones de los estudiantes un proceso de formación en el ejercicio docente, para Martín del Pozo (2007) son centrales los siguientes aspectos: diálogo con la línea de investigación didáctica; análisis y gradación de las ideas de los alumnos; detección, análisis y uso didáctico de estas ideas en el diseño de una unidad didáctica. Respecto a las concepciones de los estudiantes, la autora refiere las declaraciones que suelen ser mayoritarias en el proceso de formación de los futuros docentes (Tabla 9), con base en el “análisis de las ideas de los alumnos según las tendencias curriculares”, que comprende un instrumento de diez testimonios en el que se les pide señalar el grado de acuerdo. Esta tendencia mayoritaria resalta el carácter conflictivo con la “naturaleza de las ideas de los alumnos”, aspecto relacionado con la escasa formación epistemológica de los futuros profesionales.

En esta tabla notamos de nuevo que las consideraciones de los investigadores sobre las ideas de los alumnos están estrechamente relacionadas con los referentes didácticos. Tal como lo señalamos en anteriores apartados, lo que vemos depende de “la mirada” del observador. Desde esta perspectiva, Martín del Pozo (2007) analiza las ideas de los estudiantes con base en las siguientes tendencias curriculares: tradicional, evidente en las afirmaciones 1, 5 y 8; tecnológica, en las afirmaciones 2 y 6; activista, en las afirmaciones 3 y 9; constructivista, en las afirmaciones 4, 7 y 10. Acorde con los resultados, notamos un claro desacuerdo con la tendencia tradicional, pero a la vez encontramos de gran interés estas afirmaciones por el desacuerdo, ya que generan posibles tensiones en el grupo. De este modo identificamos no solo la tensión, sino también un punto de discusión respecto a la naturaleza de las ideas de los estudiantes: ¿Son “errores” a corregir, o alternativas a los contenidos de la ciencia?

En estas variadas maneras de comprender y caracterizar las ideas de los maneras de comprender y caracterizar las ideas de los estudiantes referenciamos la investigación en el contexto colombiano que hemos ade-



<b>Tabla 9</b> <b>Grado de acuerdo respecto a las ideas de los futuros profesores(as)</b> <b>sobre las concepciones de los estudiantes</b>		
<b>Grado de acuerdo</b>	<b>Carácter de la afirmación</b>	<b>Afirmaciones</b>
Claro desacuerdo	Naturaleza de las ideas	"1. Los alumnos, o no tienen ideas sobre los contenidos de ciencias que se pretenden enseñar, o si las tienen no son útiles para aprender ciencias.
	Utilización didáctica de las ideas	5. Las ideas de los alumnos no deben tenerse en cuenta a la hora de dar clase sobre contenidos de ciencias.
	Condiciones de aprendizaje	8. Los alumnos aprenden ciencias cuando atienden a las explicaciones y luego lo estudian para memorizar lo que se les ha explicado.
Claro acuerdo	Utilización didáctica de las ideas	7. Las ideas de los alumnos deben tenerse en cuenta a lo largo de todo el proceso de enseñanza-aprendizaje sobre un contenido de ciencias para poder cuestionarlas, contrastarlas con otras y reelaborarlas
	Condiciones de aprendizaje	9. Los alumnos aprenden ciencias mediante actividades de observación para descubrir los conceptos.
	Condiciones de aprendizaje	10. Los alumnos aprenden ciencias cuando necesitan cuestionar y reorganizar sus propias ideas para dar nuevos significados a los conocimientos.

Fuente: elaborada con base en Martín del Pozo, (2007)



lantado (Martínez y Valbuena, 2013) en relación con el conocimiento profesional del docente y el conocimiento escolar, en la cual los profesores de ciencias en Primaria señalan que las ideas de los alumnos son consideradas fuente importante de contenidos escolares, apreciación que justamente reconocemos como un eje dinamizador<sup>13</sup> en la diversidad de fuentes del conocimiento escolar. Sin embargo, también registramos una tensión relevante respecto a las ideas de los alumnos (Tabla 10) en cuanto a los criterios de validez<sup>14</sup>, pues los identificamos como ejes obstáculo, dinamizadores y cuestionamiento, pues al tiempo de considerar que se deben enriquecer y transformar las ideas de los estudiantes, también hay acuerdo en que las ‘ideas erróneas’ deben ser reemplazadas por los conceptos científicos, de modo que se ponen en tensión los criterios de validez centrados en el conocimiento científico frente a otros criterios de carácter didáctico, como el enriquecimiento de las ideas de los estudiantes.

En los estudios de caso analizados por Martínez y Valbuena (2013) y adelantados con profesoras innovadoras, también destacamos el papel relevante que se concede a las ideas de los estudiantes. En el caso de Ana, profesora vinculada a la enseñanza de ciencias en el programa ABC, uno de los criterios de validez del conocimiento escolar es “considerar las ideas previas de los niños como erróneas, a ser corregidas, y las ideas correctas que pueden ser utilizadas en la clase”, mientras que en el caso de la profesora Gaitana se construye una propuesta didáctica, en la que uno de los criterios de validez está relacionado con “la consideración del estudiante como autor de su propio conocimiento”. De modo que estos resultados evidencian la necesidad de ahondar en la investigación y comprensión del conocimiento de los estudiantes en relación con el conocimiento profesional de los docentes y en particular con las propuestas didácticas.

La investigación de Mosquera, Mora y García (2003), asimismo en el contexto colombiano, señala que los profesores participantes en ella, docentes en ejercicio de química y estudiantes de último año en la carrera de formación en esta área, organizan sus programaciones sin

---

13 Ejes dinamizadores, obstáculo y cuestionamiento, ejes DOC propuestos por Martínez (2000) como categorías de análisis para comprender la complejidad del conocimiento profesional de los docentes.

14 Categoría que permite comprender los criterios desde los cuales se considera que el conocimiento en la escuela es o no legítimo (Martínez, 2000, 2005; Martínez & Valbuena, 2013)



<p align="center"><b>Tabla 10</b>  <b>Ejemplo de tensiones identificadas sobre las ideas de los alumnos en el conocimiento de las profesoras de ciencias de primaria en el Distrito Capital de Bogotá</b></p>		
<b>Eje dinamizador</b>	<b>Eje Obstáculo</b>	<b>Eje cuestionamiento</b>
<p>Concepciones, procedimientos y actitudes que desencadenan el desarrollo profesional y el mejoramiento de las propuestas de enseñanza.</p>	<p>Concepciones, procedimientos y actitudes que si bien, posibilitan la actuación, no favorecen el desarrollo profesional o el mejoramiento de las propuestas de enseñanza.</p>	<p>Concepciones, procedimientos y actitudes que señalan problemas, sugieren alternativas pero que no son incorporadas; son posibles "fisuras" para promover el cambio.</p>
<p>Diversidad de criterios de validez del conocimiento escolar: enriquecer y transformar las ideas y conocimientos del estudiante. Permite comprender fenómenos y resolver problemas de la vida cotidiana.</p>	<p>Centramiento en criterios de validez relacionados con visiones superiores del conocimiento científico: es garantía el aplicar los procedimientos propios de la ciencia. Se deben reemplazar las ideas erróneas de los estudiantes por los conceptos científicos.</p>	<p>Si el criterio fundamental para definir la validez del conocimiento escolar es el conocimiento científico, desde los procedimientos y los conceptos, identificados en el nivel científico; entonces, ¿Qué lugar ocupan otros criterios de validez enunciados en la perspectiva integradora tales como: el enriquecimiento y transformación de las ideas de los estudiantes, la comprensión y utilidad que le dan los estudiantes al conocimiento escolar para la resolución de problemas de la vida cotidiana; la transformación de conocimientos (científico, cotidiano, curricular y de la cultura), y la producción del conocimiento escolar)?.</p>

Fuente: elaboración de la autora con base en Martínez y Valbuena (2013).

tener en cuenta las dificultades e ideas de los estudiantes, y además los textos usados por los docentes desconocen las dificultades psicológicas de aquellos. En otra investigación con profesores en formación inicial, Reyes (2014) identifica que el futuro profesor reconoce la importancia de las ideas de los alumnos, acorde con su conocimiento didáctico; sin embargo, durante el desarrollo de las clases estas ideas son ignoradas y el practicante se centra en 'relatar' la definición de campo eléctrico. En el mismo sentido, Jiménez (2013), en su investigación con profesores principiantes de ciencias naturales (máximo tres años de ejercicio de docencia), encuentra que estos tienen conciencia sobre la importancia de los intereses e ideas alternativas de los niños, pero en su práctica hay dificultades atender las debilidades conceptuales.

Estos resultados de investigaciones en el contexto colombiano resaltan la importancia de seguir analizando el proceso de formación de los profesores de ciencias, al igual que comprender por qué se presentan dichas dificultades, para asumir en la acción el papel relevante que se declara respecto de las ideas e intereses de los estudiantes y así poder elaborar propuestas que contribuyan a enriquecer su conocimiento profesional.

## 10. Para reflexionar

---

Como lo hemos indicado, son numerosas las investigaciones que se han desarrollado en didáctica de las ciencias sobre el conocimiento de los estudiantes, en particular, las referentes a contenidos conceptuales en temas específicos, que son relevantes para el aprendizaje de las ciencias. Asimismo, identificamos preocupaciones, aunque menos notorias, respecto a aspectos metacognitivos, actitudes y procedimientos, y algunos estudios establecen relaciones con aspectos relativos a los estudiantes, como su contexto socioambiental, historia de vida y cultura.

Por otra parte, notamos diversidad de referentes que indagan sobre lo que sabe el estudiante, por ejemplo: modelos, concepciones, representaciones, lo cual señala la necesidad de ahondar en estas perspectivas teóricas de modo que permitan otras comprensiones. Al respecto habría que analizar cuáles son las diferencias fundamentales, cuáles las potencialidades y limitaciones.

Un asunto que resaltamos es la preocupación por dar cuenta de las dificultades y obstáculos. Son notorias las publicaciones que buscan explicitar los 'errores' conceptuales en torno a tópicos específicos, al



punto que en países como Estados Unidos el proceso de evaluar el aprendizaje de las ciencias ha llevado a realizar un inventario de los más comunes, a partir las respuestas en las pruebas que presentan los estudiantes. Dicho material constituye una valiosa fuente para analizar y comprender lo que puede ocurrir en nuestros estudiantes y preguntarnos si estas dificultades y ‘errores’ también son comunes en ellos. Además, es fundamental reflexionar y ahondar sobre este tipo de evaluaciones y preguntarnos qué se busca con ellas, qué consideramos deseable cuando enseñamos ciencias. ¿Acaso nuestra preocupación está centrada en lograr que los elaboren concepciones cercanas a las de los científicos, es este nuestro objetivo central? ¿Sabemos cuáles son sus intereses, creencias, necesidades y motivaciones? ¿Qué papel cumplen en nuestras propuestas de enseñanza?

Reconocemos que en estos procesos de investigación se empiezan a abrir espacios para comprender el conocimiento de los estudiantes y desde allí los facilitadores, cuestionamientos, dinamizadores y movilizadores permiten contar con una visión más compleja de la enseñanza y los conocimientos que intervienen, pero requerimos desarrollar más investigaciones para comprender las particularidades en nuestros contextos.

Aún faltan respuestas a interrogantes como: ¿Cuál es el conocimiento que elaboran nuestros estudiantes en las clases de ciencias en contextos de diversidad cultural? ¿En contextos de movilidad cultural cómo encontramos a nuestras escuelas colombianas? (Molina *et al.*, 2014; Martínez & Molina, 2011). ¿Qué procesos de transformación y enriquecimiento favorecemos en las clases de ciencias?

Al respecto precisamos comprender qué estamos favoreciendo en la enseñanza de las ciencias. Así por ejemplo, vemos estudiantes a quienes les gustan las ciencias y han apropiado conocimientos, pues interactúan con el entorno, cual ocurre en la educación rural, en comunidades campesinas o indígenas. En el caso de los conocimientos de niños indígenas, esto es resaltado en la investigación de Bonilla (2013), quien trabaja con profesores de ciencias en Primaria en el Amazonas y señala su interés y diversidad, al igual que la tensión con exámenes como las pruebas Saber y el choque que se genera entre las formas de aprender en la comunidad y las de la escuela. Por eso señalamos de nuevo la importancia de reflexionar sobre qué estamos buscando con la enseñanza de las ciencias en Colombia y en nuestros contextos específicos, por qué algunos padres de familia y estudiantes consideran que la enseñanza de la lengua materna es un ‘atraso’, cómo recuperar

el papel del abuelo en la enseñanza (Bonilla, 2013), cómo retomar e interrelacionar con los valores propios de la cultura, qué papel cumplen esos conocimientos específicos.

En nuestra pretensión de invitar a la reflexión, enunciarnos otras de las tantas preguntas que surgen respecto de analizar el conocimiento de los estudiantes: ¿Ese conocimiento qué influencia tiene para la toma de decisiones en las propuestas y el proceso de enseñanza? ¿De qué manera este referente epistemológico permite la construcción del conocimiento escolar donde el conocimiento científico es un referente pero no el conocimiento verdadero al que debemos llegar? ¿Cuál es el conocimiento que los profesores colombianos hemos elaborado sobre nuestros estudiantes? ¿Cómo se construye este conocimiento en el proceso de formación de los docentes de ciencias? ¿Qué propuestas contribuyen a construir un conocimiento profesional del maestro de ciencias que trascienda esa dicotomía entre lo que declara o considera deseable, desde su conocimiento didáctico formalizado, y el conocimiento que se construye en la acción? ¿Qué relaciones son posibles establecer entre el conocimiento del profesor, el del estudiante y otros referentes epistemológicos? ¿Qué papel identificamos entre el referente curricular, el conocimiento escolar y las ideas de los estudiantes?

## 4. Particularidades del conocimiento profesional del docente de ciencias y del conocimiento escolar

### 1. Introducción

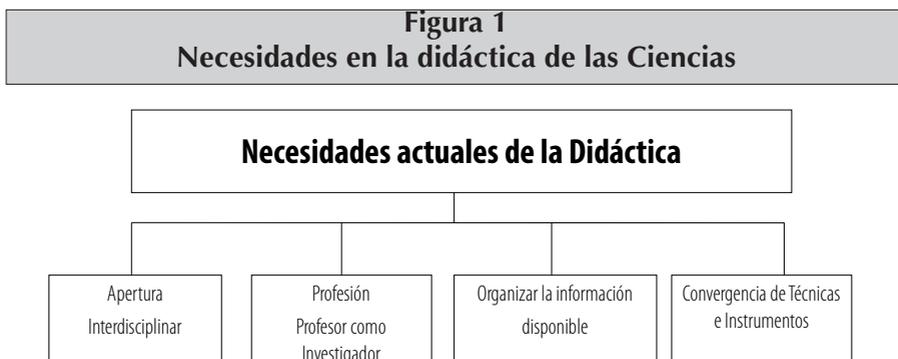
---

En este capítulo destacamos algunas características centrales del conocimiento profesional de los docentes de ciencias y del conocimiento escolar. Para ello aludimos a varios aspectos señalados en los capítulos anteriores, así como a los resultados de las investigaciones realizadas en la línea “Conocimiento profesional de los profesores de ciencias y conocimiento escolar”.\*

### 2. Preguntas del profesor de ciencias como profesional

---

Si bien hemos recorrido un camino en la investigación del conocimiento profesional del profesor de ciencias (CPPC), aún se requieren mayores esfuerzos para culminar los retos que a finales del siglo XX nos propusimos (Porlán, 1998) en el contexto de la didáctica de las ciencias (Figura 1), entre los cuales se destacan la necesidad de asumir al profesor como investigador y productor de su propio conocimiento profesional, de las propuestas de enseñanza que desarrolla, de las teorías en torno a la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias. En este proceso generador de teoría consideramos no solo el conocimiento didáctico requerido en la formación de profesores, sino además el conocimiento profesional de “interpretación y actuación”, es decir, la “teoría en uso”, acorde con la propuesta de Kemmis y Mactaggart (2013).



Fuente: elaboración de la autora con base en Porlán (1998).

---

\* En el Doctorado Interinstitucional en Educación sede Universidad Distrital Francisco José de Caldas, del grupo Investigación en Didáctica de las Ciencias.

Este camino recorrido permite identificar saberes específicos de los profesores de ciencias con relación al conocimiento generado en la didáctica de las ciencias, y respecto de los problemas y líneas de investigación, diferentes caminos, nominaciones e incluso tensiones, propios de una disciplina reciente.

Como profesora de química me suelo referir al proceso de constitución de la química como disciplina, para lo cual me remito varios siglos atrás a fin de entrever el trayecto recorrido por ella, desde el paso de la *alquimia* a la *química*, en medio de tensiones conceptuales y cambios de paradigmas.

En el caso de la didáctica de las ciencias, vislumbramos un camino que se está construyendo y ha implicado una autonomía desde la pedagogía, así como desde las ciencias<sup>1</sup>.

En estas circunstancias, surgen perspectivas en las cuales se destaca la preocupación por identificar al profesor como un profesional y productor de conocimiento, y no como un mero reproductor o distribuidor de lo elaborado por otros, de ahí la relevancia del conocimiento profesional del docente de ciencias, sobre todo con relación a que como profesores conozcamos las especificidades de nuestro conocimiento, con sus implicaciones epistemológicas y políticas. En este sentido surgen varias perspectivas, bien sea la tendencia del razonamiento pedagógico propuesto por Shulman (1987), o el razonamiento práctico planteado por Fenstermacher (1997), perspectivas que trascienden el aula en tanto se reconocen las implicaciones de los conocimientos que allí se producen y que van más allá de pensar en enseñar ciencias por las ciencias en sí mismas, ya que, por ejemplo, permiten comprender y construir alternativas a problemas socioambientales relevantes para nuestros contextos (García, 1998).

Por lo tanto, un aspecto central a señalar es que el conocimiento profesional de los docentes es un conocimiento particular, diferente a otros. Cuando enseñamos química, por ejemplo, intervienen otros saberes distintos a ella: lo que sabemos de los estudiantes, de nuestras experiencias y lo que hemos aprendido de las de otros, lo que conocemos de la escuela. A estos se suman otros conocimientos más, aparentemente invisibles, visibles en las proyecciones que nos generan nuestros estudiantes, al igual que las características y problemáticas del contex-

1 Un gran número de autores ofrecen interesantes ejemplos de este proceso, por ejemplo: Brock (1998), Cubillos, Poveda y Villaveces (1989), Cubillos (2003), Mosquera et al. (2003).

to local, nacional, internacional, entre otros. Por otra parte, hay conocimientos diferenciados que se requieren, bien para enseñar en una escuela rural o en una escuela urbana, o para trabajar con chicos de 16 o niños de 9 años. Estas son tan solo algunas de las circunstancias que afloran en los contextos específicos de enseñanza.

El contexto anterior es apenas, *grosso modo*, un movilizador para que los profesores reflexionemos sobre nuestra propia práctica docente y de paso nos preguntemos: qué es lo particular, qué es eso diferente que hemos aprendido como profesores de ciencias, y más puntualmente, qué es lo que hemos aprendido cuando enseñamos una reacción química o una teoría atómica, pues claro, no es lo mismo ser profesor de Primaria y enseñar todas las áreas, que enseñar solo ciencias, enseñar en un contexto urbano o en uno rural, en un contexto de diversidad cultural, etc. Todos esos 'no son lo mismo' hacen parte de ese conocimiento particular que hemos elaborado y del que debemos dar cuenta, comprenderlo, hacerlo explícito, reflexionarlo y seguir investigándolo.

Estas particularidades del conocimiento profesional de los docentes las encontramos en las preguntas que realizamos en nuestra labor como profesores o investigadores, pues como profesionales nos planteamos una serie de interrogantes que nos son propias, que ningún otro profesional se plantea (Tabla 1); algunas de ellas las formulamos de manera explícita, otras subyacen en nuestra acción. Así por ejemplo, frente al qué voy a enseñar mañana, surgen varias respuestas: una, voy a trabajar reacción química; haré un laboratorio sobre reacciones, o trabajos en grupos para que los chicos reflexionen sobre situaciones cotidianas. En estas respuestas aludimos a *contenidos* (reacción química), a *propuestas metodológicas* (trabajo experimental en el laboratorio), quizás a *fuentes* (una lectura, un texto), a *referentes* (conocimiento cotidiano), etc. Además, cuando nos respondemos, se establece un proceso de selección, en el que dejamos de lado otras opciones: ¿Por qué preferimos un trabajo de laboratorio? ¿Por qué un trabajo en grupos? ¿Por qué la reflexión sobre situaciones cotidianas? Estas son algunas de las especificidades que necesitamos hacer explícitas y reflexionarlas; se requiere problematizar aquello que en nuestra práctica aparece como 'obvio' y corresponde a los aspectos que determinan esas especificidades de nuestro conocimiento profesional, que nos diferencian y particularizan en nuestra condición como docentes, como formadores.

Con Porlán, Rivero y Martín (2000) podemos decir que este conocimiento particular de los docentes como profesionales influye en la manera de interpretar y actuar en la enseñanza; es un conocimiento

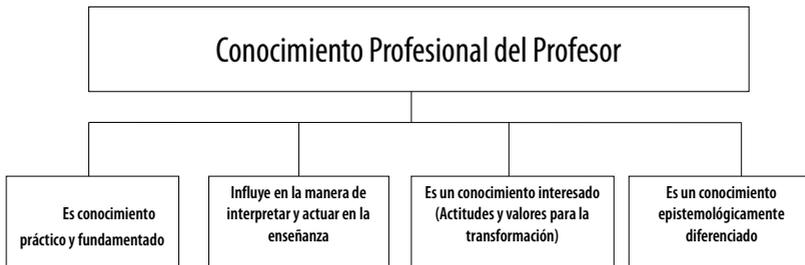
<b>Tabla 1</b>	
<b>Preguntas propias del profesor(a) de ciencias como profesional</b>	
<b>Autor (a)</b>	<b>Ejemplo de preguntas</b>
Hashweh 2005)	<p>-¿Qué nivel de detalle o entendimiento yo me propongo lograr cuando enseño esto (contenidos específicos) a estudiantes de un determinado grado?-</p> <p>¿Cómo puedo utilizar el tópico para enfatizar importantes ideas en química, biología etc.? -¿Qué otras ideas puedo relacionar con este contenido específico?</p> <p>-¿Qué otras ideas en grados superiores podré construir sobre lo que enseño ahora?</p> <p>-¿Cuáles son las dificultades de los estudiantes y las concepciones alternativas que podrían ser presentadas y como puedo superar esas dificultades, cómo enriquecerlas?</p> <p>-¿Qué representaciones de conocimiento (analogías, ejemplos, demostraciones, actividades) puedo usar?</p> <p>-¿Cómo evaluó los entendimientos del estudiante, de un tópico particular?</p>
García (1998) Martínez 2000)	<p>-¿Qué propuesta de conocimiento escolar puede contribuir a enriquecer, a complejizar el conocimiento de los estudiantes?</p> <p>-¿Qué contenidos y por qué?, ¿Cuáles son las intencionalidades?, ¿Cuál su significatividad? ¿Su funcionalidad?</p> <p>-¿A qué fuentes acudir? ¿Qué papel cumplen las investigaciones didácticas?, ¿El currículo?, ¿El contexto? ¿Los estudiantes? Etc.</p> <p>-¿Qué referentes epistemológicos considerar?, ¿Cuál es el papel del conocimiento cotidiano?, ¿Del conocimiento científico-técnico?, ¿De la problemática socioambiental?, ¿Del contexto sociocultural?</p> <p>-¿Cuáles los criterios de validez de este conocimiento?, ¿Cuál es el papel del experimento? ¿De la evidencia empírica? ¿De los procesos de negociación? ¿De la autoridad del libro, del maestro?</p>
Porlán y Rivero (1998)	<p>Ámbitos de Investigación Profesional (AIP): -¿Cuáles deben ser los fines de la enseñanza?</p> <p>-¿Cuál es la naturaleza de los contenidos escolares?</p> <p>-¿Qué características tienen las concepciones espontáneas de los alumnos?</p> <p>-¿Qué sabemos sobre los tópicos de los currículos de los alumnos?</p> <p>-¿Cómo se puede favorecer la evolución significativa y relevante de las concepciones de los alumnos?</p> <p>-¿Cómo evaluar de manera rigurosa?</p> <p>-¿Cómo planificar y desarrollar una unidad didáctica?</p> <p>-¿Cómo planificar de forma coherente un curso completo?</p> <p>-¿Cuál es mi modelo didáctico personal?</p>



epistemológicamente diferenciado, un conocimiento ‘interesado’ que contiene actitudes y valores encaminados a la transformación del contexto escolar y profesional, y un conocimiento práctico fundamentado (Figura 2).

No se trata de un conocimiento objetivo y neutro, sino que es necesario reflexionar sobre los por qué, los para qué en nuestra labor profesional, hacerlos explícitos y reflexionar con nuestro conocimiento profesional.

**Figura 2**  
**Algunas características del conocimiento profesional de los docentes**



Fuente: elaboración de la autora con base en Porlán, Rivero y Martín (2000).

Como se afirmó en el capítulo 3, son valiosos los aportes que la investigación ha realizado para comprender las particularidades y desarrollo del conocimiento profesional de los docentes de ciencias; no obstante, consideramos necesario cuestionarnos frente a sus procesos de formación. En países como Colombia desarrollamos carreras universitarias con la intención de formar licenciados en ciencias, química, física y biología, pero en naciones como España se forma al especialista de las ciencias, al químico o al biólogo y allá recibe el título de licenciado en Química o Biología, y solo posteriormente, si desea ser profesor, realiza un proceso de formación que, en los últimos años, ya no es apenas un curso de actualización pedagógica (CAP), sino que comprende un proceso de formación máster.

Esta situación denota las ambigüedades en los títulos, pues mientras en Colombia el de licenciado identifica a quien se forma para laborar como educador, en España no ocurre lo mismo. Por otra parte, se realiza la tensión en la formación del profesor, la cual en Colombia aún se debate, pues se pretende ser suficiente que con el conocimiento de las ciencias estas puedan ser enseñadas.

Investigaciones recientes desarrolladas en la línea de conocimiento profesional de los docentes de ciencias y conocimiento escolar (Martínez, 2016) muestran las potencialidades del proceso de formación de los profesores en su conocimiento particular. Así por ejemplo, los resultados de Reyes (2014) resaltan la necesidad de asumir el conocimiento profesional del docente, en particular el conocimiento didáctico del contenido, como eje estructurante de las propuestas de formación del profesor de física. En igual sentido, la investigación de Fonseca (2014) realiza una propuesta de formación en la que se configura el conocimiento didáctico del contenido en biología, específicamente respecto a la biodiversidad. En Martínez y Valbuena (2013) subrayamos la importancia de reflexionar e investigar sobre los procesos de formación de los profesores de ciencias en Primaria, dado el alto porcentaje (26,5%)<sup>2</sup> de estos que no tienen formación inicial como licenciados y el bajísimo proceso de formación inicial en enseñanza de las ciencias (0,7%). En lo tocante a estos resultados, nos preguntamos: ¿Cuál ha sido la incidencia de considerar las particularidades de este conocimiento en las normas educativas sobre formación de profesores? ¿En los procesos de evaluación docente? ¿En los procesos de convocatoria y selección para el ingreso al escalafón docente?

2 Con referencia a un total de 268 profesores que respondieron el cuestionario de la investigación.

Desde este análisis encontramos necesario retomar los planteamientos de Carr y Kemmis (1988), quienes conciben la enseñanza como una actividad “más genuinamente profesional” (Tabla 2) y resaltan el papel de las teorías, de la investigación y de la autonomía de los profesores, tanto a nivel individual como colectivo, así como el de su participación en la toma de decisiones que los afectan. Estos autores plantean también el reto de adelantar más estudios que contribuyan a enriquecer los procesos de desarrollo profesional.

<b>Tabla 2</b> <b>Retos para que la enseñanza sea una actividad</b> <b>“más genuinamente profesional”</b>	
<b>N°</b>	<b>Cambios requeridos</b>
1	“que las actitudes y prácticas de los enseñantes más profundamente ancladas en un fundamento de teoría y de investigación educativa” (pp.27 subrayado es nuestro).
2	“que se amplíe la autonomía profesional de los maestros en el sentido de incluirlos en las decisiones que se tomen sobre el contexto educacional más amplio dentro del cual actúan” (pp.27 subrayado es nuestro).
3	“que se generalicen las responsabilidades profesionales del maestro a fin de incluir las que tiene frente a otras partes interesadas de la comunidad en general” (pp.27 subrayado es nuestro).

Fuente: elaboración de la autora con base en Carr y Kemmis (1988).

### 3. El conocimiento profesional del profesor(a) y el conocimiento escolar: construcción de nuevos mundos

---

Las investigaciones que dan cuenta del conocimiento del profesor sobre el contenido cada vez más incluyen ejes temáticos en los que se da a conocer lo que sabe el profesor de la química que enseña, lo que conoce sobre las dificultades de los estudiantes y las reflexiones sobre sus propias dificultades. De este modo advertimos una mirada e intención particular, ya que el profesor de química no aborda esta materia con los mismos intereses que los químicos, pues la particularidad de este contenido se teje o articula con el de la enseñanza y la formación. Así, cuando aludimos a un conocimiento particular del profesor nos ubicamos en un espacio particular, *el conocimiento escolar*, en el que de manera imbricada se produce este (García, 1998).

Siguiendo a Carr y Kemmis (1988), reiteramos que son las intencionalidades particulares las que identifican lo que es la investigación educativa. Se puede hacer análisis psicológico o sociológico en la escuela, pero no por ello es investigación educativa. Es por eso que resulta importante reflexionar sobre cuáles son las intenciones que nos planteamos: ¿Buscamos comprender la escuela? ¿Transformarla? ¿Comprender y transformar los procesos de enseñanza y aprendizaje? ¿Cuáles son los problemas educativos que investigamos, que priorizamos? ¿Estamos transformando nuestra práctica educativa?

Desde esta perspectiva afrontamos el carácter complejo<sup>3</sup> del conocimiento profesional del docente y del conocimiento escolar, en que las ciencias no son el fin en sí mismo, sino el medio para la formación de ciudadanos que asuman desde una perspectiva crítica la construcción de alternativas a los problemas sociales y ambientales relevantes. Partimos desde una mirada compleja de la realidad que permite establecer interrelaciones en las que la idea de una perspectiva predefinida se desvanece frente a las alternativas que orientan lo que vemos, de este modo se crean nuevas miradas y por ende nuevas realidades. Una perspectiva compleja, en la que la educación favorece la crítica del propio conocimiento; en la que se tiene en cuenta lo multidimensional, la interacción compleja, la incertidumbre; en la que el ser humano no se reduce a una o varias de sus cualidades (Morin, 2000).

La didáctica de las ciencias, como disciplina particular, nos ha permitido reconocer al profesor de ciencias como productor de conocimiento, y al conocimiento que se produce en la escuela como un conocimiento particular, con actores particulares y formas de producción y validación diferenciadoras (Figura 2). En este contexto, la realidad que concebimos está cruzada por textos escolares, analogías, metáforas, hipótesis curriculares y de progresión, modelos didácticos, niveles de formulación, obstáculos didácticos, movilizadores, experimentos escolares, etc., aspectos que dinamizan y promueven la transformación de los espacios escolares y la educación.

3 Entendemos lo complejo en el sentido de reconocer la diversidad de elementos y actores que interactúan, así como la diversidad de relaciones que se construyen y transforman creando nuevas realidades, donde la complejidad está determinada por la cantidad y calidad de los elementos que la componen, así como de sus interacciones (Porlán & Rivero, 1998). La perspectiva con la que se busca la interrelación y complementariedad entre conocimientos (García, 2000) representa una actitud abierta y relativista que orienta la construcción de alternativas a los problemas, y en particular, una propuesta lejos de miradas simplificadoras del conocimiento escolar (García, 1998).

No se trata de descubrir o plantear únicas verdades; estamos construyendo teorías que nos permitan explicarnos, comprendernos en las diversidades y diferencias con las que vivimos. En este sentido, afloran y reconocemos perspectivas particulares que pretendemos socializar para hacer de estas un tejido de relaciones, desde las semejanzas y diferencias, sin la pretensión de generalizar y simplificar pero sí con el propósito de enriquecer y complejizar las miradas y propuestas, nuestro conocimiento.

Uno de los modelos con los que se inició este proceso de construcción fue el de las ciencias experimentales (Porlán, 1998), cuyas preocupaciones eran el control, la objetividad, la validez experimental, entre otras. Más tarde se incluyó, aunque de manera sutil, la perspectiva cualitativa, que hoy es fundamental, no solo para comprender este mundo, sino también las maneras particulares con las que él se concibe. Esta diversidad metodológica y epistemológica, tanto en la investigación del conocimiento profesional del docente de ciencias como del conocimiento de los estudiantes, la detallamos en los capítulos anteriores.

En igual dirección, a comienzos de la investigación en didáctica de las ciencias se asumió como “el” referente al conocimiento científico. Desde esta perspectiva, se tuvo la pretensión de ser coherentes con la epistemología del conocimiento científico (Cañal, 1993), aspecto que también relacionamos con la preocupación de los estudios enfocados en dar cuenta de los ‘errores conceptuales’ (capítulo 4), pues desde estas posturas se considera la existencia de un conocimiento que desde la química, la física, etc., se asume como ‘verdadero’ y es al que se debe llegar y a partir del cual se establece un nivel de comparación para saber qué tan lejos o cerca están las ideas de los estudiantes respecto de los conceptos científicos. En el mismo sentido, se pretende llevar la forma de trabajo de los científicos al aula de ciencias. Entonces, también surge la preocupación por identificar las visiones distorsionadas de la ciencia en el aula de clases (Fernández, Gil, Carrascosa, Cachapuz & Praia, 2002), así como la necesidad de explicar detalladamente los pasos del método científico —en singular y con artículo determinado— (Diego-Rasilla, 2004).

Sin embargo, como señala Porlán (1998), la posibilidad de una perspectiva relativa, en la que otros conocimientos sean señalados como válidos, permitió la aparición de conocimientos epistemológicamente diferenciados, tales como el conocimiento profesional del docente y el conocimiento escolar. Desde esta óptica es claro que no es suficiente con saber química para enseñar química; igual, se reconoce la comple-

alidad en la producción de conocimiento en la escuela. La escuela, el aula, y en general la dinámica escolar, se vislumbran como un proceso permanente de transformación y producción de conocimiento, donde el conocimiento científico ya no es el fin en sí mismo, sino que además se enriquecen las concepciones, actitudes y procedimientos de quienes aprenden, lo cual contribuye al hallazgo de soluciones a los problemas relevantes. Así, propuestas como las de García (1998), García y Merchán (1997), García F. (1999) y algunos debates recogidos en Rodrigo y Arnay (1997), aportan variedad de argumentos que señalan la especificidad del conocimiento escolar, los mismos que encontramos en otros autores (Tabla 3), quienes desde una perspectiva crítica llevan a reconocer en los estudios de las disciplinas escolares y el currículo construcciones que ofrecen contextos para comprender las particularidades del conocimiento escolar (CE).

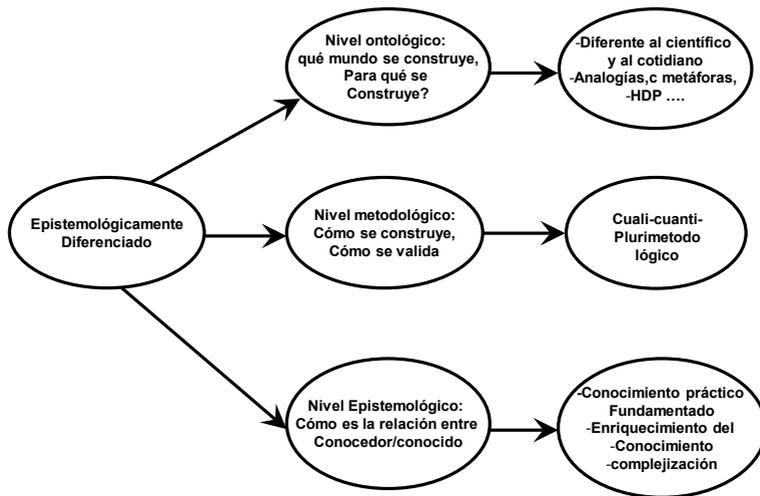
Podemos señalar que desde el conocimiento profesional del docente de ciencias, así como del conocimiento escolar a nivel ontológico (inspirados en Guba & Lincoln, 1994) construimos mundos y realidades particulares, diferentes al mundo de la química, de la biología, etc. (Figura 3). Y a través de procesos, también particulares, en los que reconocemos la complejidad de la vida escolar, de los diversos actores y de sus problemáticas, más allá de un proceso eficientista, de rigor centrado en la aplicación de un método científico, planteamos alternativas, posibilidades que nos permitan comprender y transformar el mundo escolar (nivel metodológico). De esta manera, difícilmente se puede establecer una separación del sujeto que desde una pretensión 'objetiva y neutra' busque interactuar con un 'objeto'; por el contrario, se trata de un proceso de interacción en el que tanto sujeto como objeto se construyen, se modifican, se intervienen y transforman —más aún si tenemos en cuenta que la interacción es entre personas— con conocimientos, saberes, intereses, emociones, intenciones y valores (nivel epistemológico).

Aludimos a dos conocimientos que requieren del conocimiento científico, pero que no son el mismo, requieren del conocimiento de la cultura, pero con unos fines particulares. Como señalan Carr y Kemmis (1988), esos fines son diferenciadores, hacen que se construya un objeto específico, con sus preguntas e intenciones, que nos permiten 'ver' otras relaciones, otros problemas que, sin ellos, no existirían. Tal como lo enunciamos, estos conocimientos permiten abordar problemas relevantes, tanto de la práctica profesional docente como de los contextos socioambientales, desde una perspectiva compleja (Figura 4), cambiante, en evolución, además interesada y con unas intenciones particu-

<b>Tabla 3</b> <b>Algunos aportes del estudio de las disciplinas escolares, la transposición didáctica y el currículo, como contexto para el conocimiento escolar</b>	
<b>Autor(a)</b>	<b>Planteamientos</b>
Goodson (1991)	Diferentes intereses, poderes y conflictos en la construcción de las “Materias Escolares” y el conocimiento escolar, desde una perspectiva histórica.
	El éxito de propuesta la de ciencia escolar en Inglaterra “ciencia de las cosas comunes” Layton (1973) dirigido fundamentalmente a clases populares, llevó a la búsqueda de una educación científica para las clases altas
Chervel (1991)	Las disciplinas escolares enfatizan el “carácter eminentemente creativo del sistema escolar” dejando a tras la idea de una escuela pasiva de mero receptáculo.
	Las disciplinas escolares evidencian un acto creativo poco valorado con gran incidencia tanto en los individuos como en la sociedad.
Chevallard (1991)	Los contenidos a enseñar muchas veces son “verdaderas creaciones didácticas”.
	“El “trabajo” que transforma de un objeto de saber a enseñar en un objeto de enseñanza, es denominado la transposición didáctica.” (pp.45).
Madghenzo (1986)	Se requiere de un currículo comprensivo entendido como “un proceso de búsqueda, de negociación, de valorización, de crecimiento y, de confrontación entre la cultura universal y la cultura de la cotidianidad, y la socialización entre la cultura de dominación y la cultura dominada” (pp.140).

Fuente: elaboración de la autora con base en Guba y Lincoln (1994).

**Figura 3**  
**Conocimiento profesional del docente y conocimiento escolar como conocimientos epistemológicamente diferenciados**



Fuente: elaboración de la autora con base en Guba y Lincoln (1994) \*.

res. Desde el reconocer que la construcción de propuestas de enseñanza están cruzadas por fines e intereses, cabe preguntarnos: ¿cuáles son estos intereses?, ¿cuáles son los intereses de los otros y cuáles los nuestros? Estos cuestionamientos son inherentes a nuestra condición profesional; por eso requerimos más preguntas que aborden tanto los intereses personales como los de la comunidad: ¿Como profesionales qué hemos buscado y estamos buscando? ¿Qué falta por construir y por transformar? ¿Cómo vemos y qué hacemos con las propuestas de las instancias gubernamentales en los ámbitos locales, nacionales e internacionales? ¿Qué actitud adoptamos ante las propuestas de textos escolares?

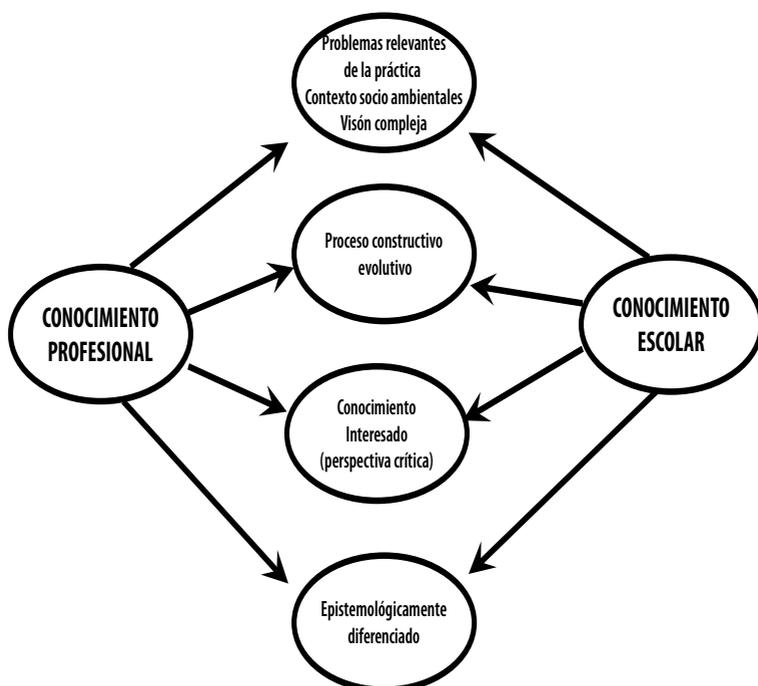
Remitimos al lector al tercer capítulo de este libro, en el que se explicitan diferentes perspectivas, entre las que destacamos las propuestas de Shulman y del proyecto IRES, desde las cuales se han realizado valiosos aportes que resaltan las particularidades epistemológicas del conoci-

\* Estos autores realizan un interesante paralelo entre el sistema constructivista y el convencional desde tres preguntas: ¿qué puede ser conocido?, ¿cuál es la relación entre quien conoce y lo conocido o conocible?, y ¿cómo conocemos? En particular, para el análisis que realizamos sobre el conocimiento profesional del docente y el conocimiento escolar retomamos el enfoque constructivista por considerarlo uno de los referentes centrales para dar cuenta de su epistemología.



miento profesional del docente de ciencias. Asimismo, relacionamos otras perspectivas, con menos difusión, que también han desarrollado investigaciones en las cuales se resaltan las particularidades del conocimiento escolar: es el caso de los estudios de Lopes (2005, 2007) en Brasil, que aportan a la comprensión de estas particularidades al evidenciar las alteraciones y modificaciones de los conocimientos. Esta investigadora, de manera especial, alude a los procesos de hibridación y a los discursos hibridados, al analizar los currículos elaborados en la disciplina química escolar, en los que la *disciplina escolar* no es entendida como las reproducciones de la división de los saberes en el campo científico (química, física, etc.), sino que responde a las intenciones de escolarización en un proyecto social (de ahí que la química en la escuela es particular, es la *química escolar*, con intenciones diferentes). Desde esta perspectiva, dicha autora examina los discursos gubernamentales en su interacción con los discursos de los investigadores en enseñanza de la química como, con las propuestas curriculares para la disciplina química escolar y con los textos escolares elaborados.

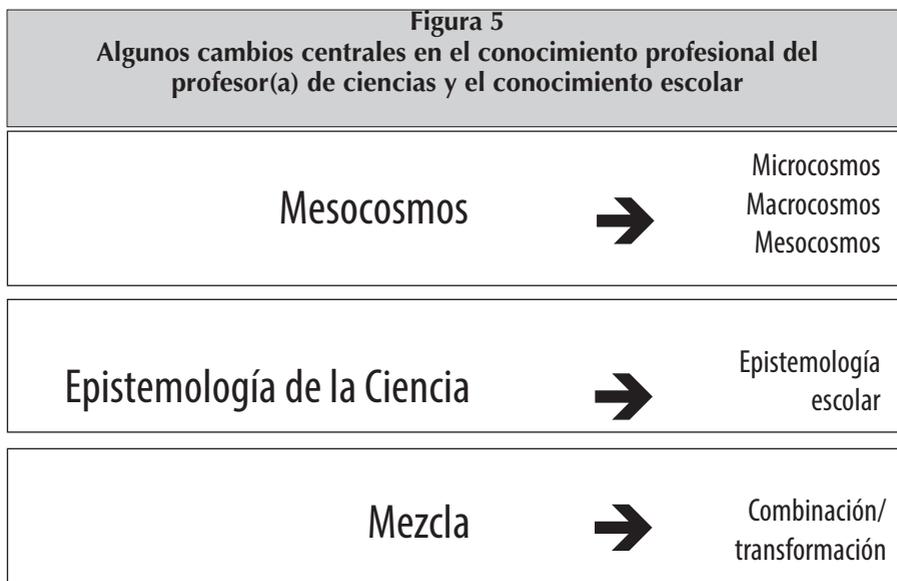
**Figura 4**  
**Algunas características del conocimiento profesional del docente de ciencias y del conocimiento escolar**



Lopes (2005, 2007) retoma autores como Ball (1998) y García Canclini (1998) para señalar que en el proceso de hibridación se produce ‘adulteración’ del texto original, pero no en un sentido negativo, sino desde la producción de nuevos sentidos con finalidades sociales distintas. Estos resultados muestran discursos híbridos, por ejemplo, hibridaciones en la preocupación de relacionar habilidades y competencias con los contenidos de la química y, en algunos casos, falta de crítica a los enfoques instrumentales de *competencia* y *contextualización*.

Nos encontramos en una coyuntura de tensiones, provocadas por las disposiciones que jalonan procesos de estandarización de evaluaciones internacionales, con visiones de calidad que buscan reducir todo a un número y la atención e intención centrada sobre todo en aquello que puede medirse (Ball, 2015). Ante esta situación se hace fundamental volver a las preguntas básicas: ¿Qué educación queremos? ¿Cuáles son nuestras intenciones como profesores, como comunidad escolar, como comunidad académica, como colombianos? Además, en calidad de docentes de ciencias, ¿qué tenemos que decir frente a los siguientes hechos actuales: la actividad minera en los páramos, los embarazos de niñas y adolescentes, la agresión a las mujeres, la corrupción, la contaminación de ríos y humedales? Escenarios como estos demandan una participación más comprometida con nuestro entorno, empezando por indagar cuáles son nuestras necesidades, cuáles nuestros intereses y aspiraciones, cuál es esa ‘ciencia propia’ que necesitamos construir y a la que el maestro Fals Borda (1981, p. 14) motiva cuando escribe: “No puede haber aspiraciones y necesidades comunes entre un pueblo dominante y otro dominado”.

Las realidades del conocimiento profesional del docente de ciencias y del conocimiento escolar nos permiten comprender el mundo del mesocosmos, del microcosmos y del macrocosmos (García, 1998), pasar de un centrarse en la epistemología de las ciencias a considerar la producción del conocimiento escolar y comprender una epistemología escolar, así como reconocer no solo un proceso de integración de diferentes saberes y conocimientos sino también un proceso de transformación y producción de nuevos saberes (Figura 5).



4. La investigación de problemas de la práctica profesional: fuente de categorías para la comprensión del conocimiento profesional y el conocimiento escolar

Con base en nuestras investigaciones sobre el conocimiento profesional del docente de ciencias y el conocimiento escolar (Martínez, 2000, 2005a, 2005b, 2016; Martínez & Valbuena, 2013), destacamos el papel central de los problemas prácticos: ¿Qué enseñar? ¿Para qué enseñar? ¿Por qué enseñar? ¿Cómo enseñar? ¿Cómo evaluar? ¿Qué actividades y propuestas metodológicas desarrollar? Estas preguntas corresponden a problemas que de manera explícita, consciente o no, los profesores abordamos en nuestros procesos de enseñanza, desde los cuales construimos un conocimiento profesional particular. Este no es un conocimiento único, ni absoluto, no es ‘el’ conocimiento; cuando nos referimos a él no solo establecemos su diferenciación con otros, sino que también identificamos diversas posibilidades de conocimiento profesional, que organizamos en las siguientes tendencias o niveles: tradicional, instruccional-cientificista<sup>4</sup>, espontaneísta e integrador-transformador (Tabla 4), aquí planteadas a modo de tendencias conceptuales que, si bien en un momento determinado podrían verse como escalones, con subidas, bajadas,

4 Es de anotar que inicialmente a este nivel lo denominamos tecnológico siguiendo la propuesta del proyecto IRES; no obstante, acorde con las revisiones de varios documentos, se resalta el conocimiento tecnológico como un conocimiento particular que suele ser dejado de lado a pesar de su relevancia; ver, por ejemplo, Cajas (2001), Quintanilla (2000).

desplazamientos laterales, etc., a su vez nos vislumbran un engranaje en medio de matices y relaciones que evidencian la complejidad de este conocimiento profesional (ver los estudios de caso analizados en Martínez, 2000, 20005, 2016; Martínez & Valbuena, 2013).

Como se explicita en la tabla, identificamos cuatro categorías: contenidos escolares, fuentes y criterios de selección, referentes epistemológicos y criterios de validez, como potenciadoras en la diferenciación de este conocimiento particular y sus grados de complejidad. Ellas nos permiten preguntarnos: ¿Cuáles son las fuentes y los criterios de selección de los contenidos escolares? ¿Qué papel cumplen el currículo normativo, las ideas, los intereses de los estudiantes, el contexto socioambiental? ¿Cuáles son los conocimientos considerados en esa construcción? ¿Qué papeles se asignan al conocimiento científico, al conocimiento cotidiano, a las ideologías y creencias? ¿Cuáles son los criterios desde los cuales se legitima el conocimiento? ¿Cuál es la relevancia de las pruebas estatales, de la autoridad externa, de la evidencia empírica, o de los procesos de negociación y argumentación? Figura 6.

**Figura 6**  
**Algunas categorías relevantes en la comprensión del conocimiento profesional del docente de ciencias y el conocimiento escolar**



Fuente: elaboración de la autora con base en Martínez (2000, 2005a); Martínez y Valbuena (2013), García (1998, 2000) y materiales del proyecto IRES.



**Tabla 4**  
**Categorías y niveles de formulación en el análisis del conocimiento profesional del profesor(a) de ciencias y el conocimiento escolar**

Niveles		Nivel 1			Nivel 2		Nivel 3
		Tradicional			Instruccional-científista	Espontaneísta	Integrador-transformador
Categoría	Contenidos Escolares	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Predominio de “in-formaciones” y uso de “términos” de carácter conceptual.</li> <li>- Listado de temas sin claros criterios de organización.</li> </ul>			<ul style="list-style-type: none"> <li>- Importancia de lo conceptual (sustitución de errores), aunque con presencia de procedimientos en forma de habilidades (seguir pasos del método científico).</li> <li>- Se sigue una programación detallada establecida por expertos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Centrado en deseos y gustos de los estudiantes.</li> <li>- Contenidos conceptuales carecen de importancia.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Integración de conceptos, procedimientos y actitudes.</li> <li>- Organización de tramas de contenidos y niveles de complejidad.</li> </ul>
	Fuentes y criterios de selección	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Relevancia del libro de texto y/o la normatividad como fuente de contenidos.</li> <li>- Desconocimiento de los intereses e ideas de los alumnos.</li> <li>- Obsesión por los contenidos, criterio de autoridad externa.</li> </ul>			<ul style="list-style-type: none"> <li>- Contenidos preparados por expertos para ser utilizados por los profesores(as).</li> <li>- No se tienen en cuenta los intereses de los alumnos; sus ideas son consideradas “errores” a sustituir, por los conocimientos “adecuados”.</li> <li>- Obsesión por los objetivos; criterio eficientista.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Contenidos surgen de los deseos y gustos de los alumnos, no en sus ideas.</li> <li>- Relevancia del factor ideológico</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Diversidad de fuentes para seleccionar los contenidos, para enriquecer el conocimiento de los alumnos.</li> <li>- Se tienen en cuenta los gustos, intereses e ideas de los alumnos.</li> <li>- Relevancia de la propuesta educativa, criterios pedagógicos y didácticos.</li> </ul>

Niveles	Nivel 2		Nivel 3
	Nivel 1	Instrucciona-científista	
<b>Referentes epistemológicos</b>	<b>Tradicional</b> - El conocimiento disciplinar científico, desde una visión simplificada y enciclopédica, sin argumentos claros frente a su importancia.	- Relevancia de la ciencia (importancia del método científico), y del conocimiento curricular de los expertos.	- Contenidos presentes en la realidad inmediata que responden a los deseos y gustos de los alumnos.
<b>Criterios de validez</b>	- La autoridad externa (lo más cercano al texto o a la norma). - Centrado en el profesor o/y evaluaciones externas.	- La disciplina científica, superación de errores conceptuales y aproximación en el método científico.	- Los propios alumnos y alumnos según la satisfacción de sus gustos y deseos. - La negociación en la clase. - El grado de evolución en el alumnado. - Criterios didácticos fundamentados.
		<b>Integrador-transformador</b>	- Relevancia del conocimiento didáctico e integración de diversos referentes epistemológicos (disciplinarios –ciencias y ciencias de la educación-, cotidianos, culturales, problemática social y ambiental, conocimiento metadisciplinar). - La negociación en la clase. - El grado de evolución en el alumnado. - Criterios didácticos fundamentados.

Fuente: elaboración de la autora con base en Martínez (2000, 2005a); Martínez y Valbuena (2013), García (1998, 2000) y materiales del proyecto IRES.

A modo de hipótesis planteamos que, si bien estas categorías son centrales en el conocimiento profesional del docente, a su vez están determinadas en gran medida por los fines de la enseñanza de ciencias, por lo cual, al considerar que la enseñanza de las ciencias está centrada en la formación de pequeños científicos, o que es un medio para la formación de ciudadanos, se manifiesta una postura respecto de las perspectivas particulares que incide en la orientación de cuáles son los contenidos escolares, las fuentes y criterios de selección, los referentes epistemológicos y los criterios de validez que fundamentan dicha posición.

En la Figura 6 señalamos los problemas prácticos como núcleo del conocimiento profesional del docente, caracterizado por las particularidades de las construcciones realizadas, fuertemente influenciadas por la pretensión que nos moviliza: el conocimiento. Desde estas relaciones, explicitamos algunos estudios de caso investigados:

*Para Sol y Luz es clara una enseñanza de las ciencias para la vida, por ello la diversidad de fuentes y criterios de selección, al igual que criterios de validez y referentes epistemológicos del conocimiento escolar, en los cuales los mitos, los problemas socioambientales y el conocimiento de los estudiantes, entre otros, son centrales (Martínez, 2016).*

*Para Ana es central la formación de “pequeños científicos”, de ahí la relevancia de fuentes, criterios de validez y referentes en torno a propuestas “bien” elaboradas, presentadas por expertos (Martínez & Valbuena, 2013).*

*Para Gaitana es fundamental la comprensión de problemas socioambientales y la construcción de alternativas, por lo tanto la diversidad de fuentes, criterios de selección, referentes y criterios de validez está relacionada con la reflexión alrededor del problema de contaminación del humedal, del agua, de las basuras (Martínez & Valbuena, 2013).*

*En Juan se da una tensión frente a si lo que se pretende es enriquecer el conocimiento de los niños o llegar a un conocimiento predefinido: el científico (Martínez, 2000, 2013).*

*En Rosa, aunque se hacen adecuaciones a los contenidos escolares teniendo en cuenta el referente cotidiano, pues en sus clases hay riqueza frente a las diferentes situaciones y ejemplos analizados, parece que finalmente se ha de llegar al conocimiento científico como predefinido (Martínez, 2000, 2013).*

*En Pedro encontramos aproximación a un proceso de enriquecer el conocimiento de los niños, en el cual el conocimiento científico aporta, pero no es el punto de llegada (Martínez, 2000, 2013).*

## 5. Para reflexionar

---

1. ¿Qué conocimiento hemos construido los profesores(as) de ciencias? ¿Podemos señalarlo como un conocimiento particular? ¿Qué lo caracteriza?
2. ¿De qué manera las propuestas de formación de profesores contribuyen a consolidar un conocimiento profesional de los docentes y a construir una epistemología escolar? ¿Qué papel cumplen los diversos conocimientos y las propuestas curriculares en el desarrollo de esta epistemología?
3. ¿Qué consideraciones se hacen sobre los resultados de las investigaciones en nuestra acción docente? ¿De qué manera dialogamos con esos hallazgos respecto a lo que piensan, dicen y hacen otros profesores de ciencias?
4. ¿De qué manera los resultados de las investigaciones han sido fuente fundamental en las propuestas de formación de profesores de ciencias y en la definición de políticas educativas, así como en las propuestas de enseñanza de ciencias?
5. Dados los problemas específicos de nuestros contextos, ¿cuál es el conocimiento profesional que construimos los docentes de ciencias con miras a fortalecer la convivencia, la tolerancia, el respeto y la paz?
6. A partir de las problemáticas de nuestros contextos sionaturales, ¿qué conocimientos —escolar y profesional— construimos los maestros colombianos, por ejemplo, para contribuir a resolver los problemas de contaminación ambiental, de desconocimiento y subvaloración de la diversidad?
7. ¿Qué caracteriza las propuestas de conocimiento escolar en ciencias que desarrollamos en nuestros contextos, reconocidos por una diversidad biológica y cultural, o por los procesos actuales de construcción de una cultura de paz?
8. Si consideramos relevantes las ideas elaboradas por los estudiantes, así como el conocimiento ancestral, ¿de qué manera este es asumido como fuentes y referentes del conocimiento escolar en ciencias en nuestras escuelas?

## 5. Propuestas de conocimiento escolar en ciencias: el caso del agua

### 1. Introducción

---

En este capítulo presentamos algunas investigaciones relacionadas con el conocimiento escolar (CE) en ciencias. En particular, revisamos uno de los contenidos de gran relevancia en la enseñanza de las ciencias: el agua, y su importancia radica tanto en las posibilidades de aprender contenidos conceptuales, actitudinales y procedimentales significativos en la enseñanza de las ciencias, como por sus implicaciones en la formación de ciudadanos que, de manera argumentada, asuman posturas críticas en su vida diaria para la toma de decisiones sociales relevantes.

### 2. Investigaciones sobre el conocimiento escolar en ciencias

---

El conocimiento escolar ha sido entendido desde diferentes posturas, analizadas por autores como Rodrigo y Arnay (1997), García y Merchán (1997), García (1998), Porlán y Rivero (1998), García, F. (1999) y Martínez (2000, 2005a, 2005b), entre otros. Las siguientes son algunas perspectivas con las que se ha asumido el CE: como un proceso que pretende sustituir el conocimiento de quienes aprenden, por el conocimiento científico (hipótesis de sustitución); como un proceso de coexistencia entre el conocimiento cotidiano y el científico (hipótesis de coexistencia), o como un proceso de enriquecimiento y aproximación a una visión más compleja y crítica del mundo (hipótesis de complejización), que busca superar tanto una perspectiva homogénea como las visiones simples (aditivas, centradas en lo próximo y lo evidente, en causalidades lineales). Precisamos que, desde nuestras investigaciones, es esta última hipótesis la que compartimos, pues se aborda la transición de lo conceptual, actitudinal y procedimental como un proceso de complejización del conocimiento que contribuye a superar las visiones simples (García, 1998; Porlán y Rivero, 1998). Sobre estas perspectivas es posible plantear varios cuestionamientos, que esbozamos en la Tabla 1.

**Tabla 1**  
**Algunos cuestionamientos sobre diferentes posibilidades de entender el conocimiento escolar**

Aspecto analizado	Hipótesis de sustitución	Hipótesis de coexistencia	Hipótesis de complejización
Característica epistemológica	Es posible el paso de conocimiento cotidiano-conocimiento científico, aunque sean epistemologías diferentes.	Se cuestiona la “transferencia de conocimientos” aprendidos en la escuela a diferentes escenarios.	La ciencia es un medio, no un fin. Proceso de integración didáctica a partir de varias fuentes.
Algunos cuestionamientos y/o preocupaciones	<p>¿Es viable que el alumno entienda a la vez, la organización conceptual, la historia, etc., propios de cada disciplina?</p> <p>¿Se han de trabajar problemas socioambientales implicando a la ciencia en su tratamiento o aproximarse a lo socioambiental desde los problemas propios de la construcción del conocimiento científico?</p> <p>¿Cómo asumen el problema de la continuidad entre dos epistemologías diferentes: la del conocimiento cotidiano y la del científico?</p> <p>¿Cómo conectar el conocimiento de la escuela con los ámbitos cotidianos del sujeto?</p> <p>Hay diversidad de formas de conocimiento científico y cotidiano.</p>	<p>-¿Cómo argumentar la imposibilidad de la transferencia de información entre contextos diferentes?</p> <p>-¿Hay que admitir el fracaso de la escuela en esta transferencia?</p> <p>-¿Si el individuo es una totalidad, qué sentido tiene una visión aditiva del conocimiento?</p> <p>-¿Hay tantas epistemologías como situaciones del individuo?</p> <p>-Parece que se renuncia a la proyección social y evolutiva del conocimiento escolar.</p>	<p>-¿Cuál es su viabilidad frente a un currículo fraccionado?</p> <p>-¿Qué papel cumplen las áreas transversales?</p> <p>-¿Cuáles serían sus implicaciones en la formación del profesor(a)?</p>

Fuente: elaboración de la autora con base en García y Merchán (1997), García (1998), García Pérez, (1999).



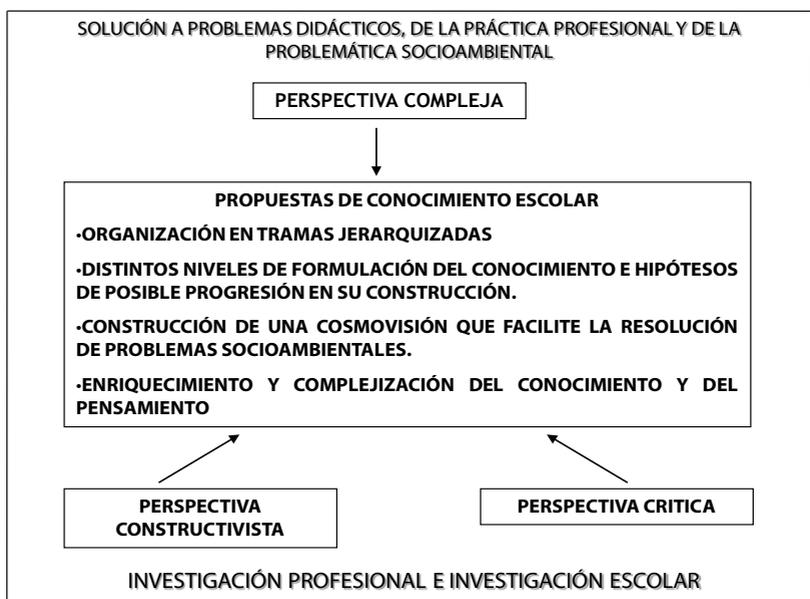
Siguiendo a García (1998), podemos decir que el conocimiento escolar es

*[...] un conocimiento organizado y jerarquizado, procesual y relativo, como un sistema de ideas que se reorganiza continuamente en la interacción con otros sistemas de ideas —referidos a otras formas de conocimiento—, y que se concreta, curricularmente, en hipótesis de progresión que se refieren a un contenido concreto (la construcción gradual y progresiva entre sí) en una trama (representación curricular del cambio en la organización de un sistema de ideas). (p. 151)*

Este conocimiento se produce con intenciones particulares desde referentes particulares y con actores, formas de producción y validación también particulares (Figura 1).

Con el CE se pretende enriquecer y complejizar el conocimiento y el pensamiento de los estudiantes, de tal modo que no es un proceso neutral, sino que se plantea con unas intenciones explícitas de cambio

**Figura 1**  
**El conocimiento escolar como conocimiento particular**



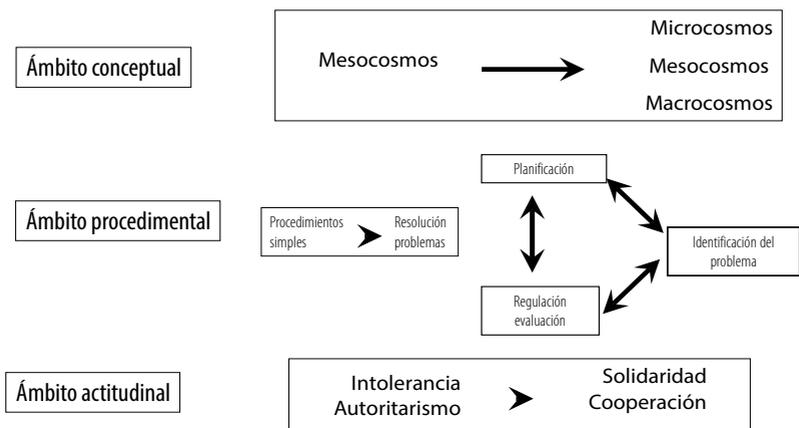
Fuente: elaboración de la autora con base en García (1998) y Martínez (2000).

y transformación, con un sentido particular, en el que las vivencias y experiencias de quienes participan son relevantes, así como las problemáticas de sus contextos inmediatos. Las propuestas de conocimiento escolar en ciencias son construidas tanto por las comunidades especializadas como por los profesores de ciencias, que, con base en diversas fuentes y referentes, entre otros el conocimiento científico, buscan enriquecer a sus estudiantes y a sí mismos, desde los ámbitos conceptual, actitudinal y procedimental. Además de acrecer las explicaciones en torno a los fenómenos naturales, también se busca favorecer la autonomía, el trabajo en equipo, la honestidad, el respeto, el pensamiento crítico, entre otras actitudes y procedimientos; esto es, pasar a perspectivas más complejas (Figura 2).

Esa perspectiva compleja ha sido visibilizada por algunos profesores con los que hemos trabajado en varios estudios de caso. En estas investigaciones damos cuenta de numerosos profesores innovadores e investigadores que, a pesar de las dificultades que encuentran en sus contextos, vienen construyendo propuestas de enseñanza de las ciencias alternativas (casos señalados en Martínez & Valbuena, 2013; Martínez, 2016). Sin embargo, aun en estos casos necesitamos de un mayor trabajo que nos permita reconocer esas construcciones particulares que

**Figura 2**  
**Posibilidades de complejización del conocimiento escolar**

**Organización del conocimiento escolar**



Fuente: elaboración de la autora con base en García y Rivero (1996).

hacemos cuando enseñamos ciencias. Precisamos de más reflexiones que den cuenta de las especificidades de estos conocimientos. Así por ejemplo, comprender que la química, como asignatura escolar, corresponde a una organización particular, con intenciones particulares y actores y formas de validación también particulares. Estas condiciones específicas de la química escolar no son las mismas de la química como ciencia; de ahí la importancia de reconocer que desde la perspectiva histórica se han venido realizando las disciplinas escolares (Goodson, 1991; Álvarez, 2007; Lopes, 2007).

En este sentido, es imprescindible dar cuenta de problemas como los siguientes: ¿Cómo se han constituido las disciplinas escolares en nuestro contexto colombiano? ¿Qué relaciones podemos establecer con otros contextos? ¿Cómo han sido entendidas las ciencias naturales, la educación ambiental, química, biología y física, entre otras, como disciplinas escolares? Si bien hay unas propuestas que podemos rastrear desde los currículos normativos, los textos escolares, los proyectos educativos institucionales, las vivencias escolares, etc., nos preguntamos en el mismo sentido: ¿Qué conocimiento escolar estamos construyendo? ¿Qué caracteriza a la química escolar, a la biología escolar, etc.?; y, por supuesto: ¿Cuál es el conocimiento profesional que al respecto hemos elaborado los docentes de ciencias y cuál el conocimiento que queremos en los procesos de formación?, etcétera.

Como hemos señalado a partir de la revisión de varias investigaciones (Martínez, Molina & Reyes, 2010; Martínez & Valbuena, 2013; Martínez & Jirón, 2012, 2014; Martínez, 2016), es posible apreciar diferentes tendencias frente al conocimiento escolar. Un aspecto central para muchos autores es cuestionar el carácter superior y absoluto del conocimiento científico como referente del conocimiento escolar, circunstancia que permite considerar el conocimiento escolar epistemológicamente diferenciado, en el que otros referentes como la cultura son relevantes en el proceso de construcción del CE.

Reconocer al conocimiento escolar como particular está íntimamente relacionado con la posibilidad de un conocimiento profesionalizado, propio de los profesores (Tabla 2), planteamiento con el que nos hemos identificado en nuestros trabajos y consideramos de gran potencialidad en la construcción de alternativas a diferentes problemas educativos. Probablemente una de las posibles respuestas al porqué de esa brecha entre los resultados de las investigaciones y la práctica educativa corresponda a que solo en las últimas décadas se ha venido asumiendo con fuerza la consideración del profesor como productor de conoci-

<b>Tabla 2</b> <b>Hipótesis de progresión del conocimiento profesional sobre el conocimiento escolar</b>		
<b>Primer nivel</b>	<b>Nivel intermedio</b>	<b>Nivel de referencia</b>
-Conocimiento indiferenciado.	-Conocimiento técnico de la didáctica.	-Conocimiento práctico profesionalizado (fundamentado).
-Consiste en una simplificación del conocimiento disciplinar.	-Consiste en una adaptación del conocimiento disciplinar, acorde con la estructura conceptual y metodológica de la disciplina y el nivel de los alumnos.-(Es posible una postura activista)	-Consiste en una integración didáctica de diferentes conocimientos, por ejemplo: científico, pedagogía, de los alumnos, y problemas socioambientales relevantes.  --Se genera un conocimiento profesional particular, sobre el conocimiento escolar, diferenciado epistemológicamente.
-Conjunto de conceptos, leyes y teorías en versión según los textos.	Conjunto de conceptos jerárquicos, y procesos propios de la ciencia; secuenciados de lo simple (observable) a lo complejo (abstracto); y organizado en tramas conceptuales jerárquicas.  -Proceso de adaptación y de elaboración que tiene como fin el conocimiento científico.	- Conceptos, actitudes y procedimientos claves y estructurantes, organizados en tramas y en niveles progresivamente más complejos.  -Proceso de construcción en el que el conocimiento científico, es sólo un referente del conocimiento escolar.
-Fuentes y criterios de selección de contenidos escolares, referentes epistemológicos y criterios de validez del conocimiento escolar determinados por la autoridad externa.	-Fuentes y criterios de selección de contenidos escolares, referentes epistemológicos y criterios de validez del conocimiento escolar determinados en función de su cercanía a la ciencia.	-Fuentes y criterios de selección de contenidos escolares, referentes epistemológicos y criterios de validez del conocimiento escolar determinados en función de las propuestas de conocimiento escolar elaboradas por la comunidad de profesores(as).

Fuente: elaboración de la autora con base en Martín (1998) y enriquecido con Martínez (2000, 2005a, 2016) y Martínez y Valbuena (2013)

miento y del conocimiento escolar como uno diferente, con intenciones particulares, si bien requiere del conocimiento científico.

De manera especial, señalamos algunas de las consideraciones sobre el conocimiento escolar resultado de las investigaciones adelantadas (Martínez, 2000, 2005a, 2016; Martínez & Valbuena, 2013).

El conocimiento profesional de los docentes de ciencias sobre el conocimiento escolar se encuentra estrechamente relacionado con la solución de problemas relevantes del contexto, tales como contaminación ambiental, ahorro del agua, la salud, la alimentación, la valoración del conocimiento ancestral, entre otros. Esta diversidad de problemáticas constituyen una fuente valiosa para los profesores innovadores, ya que ellos hacen de estos conflictos sociales (escasez alimentaria, proliferación de enfermedades, etc.) ejes de trabajo escolar en la producción de conocimiento.

Las propuestas de CE buscan enriquecer el conocimiento de los estudiantes sobre los fenómenos naturales. Por ejemplo, diferenciar al agua como una sustancia química y no solo como un recurso natural. Por otra parte, desde este contenido se proyecta la comprensión de su uso racional, como evitar su contaminación, a partir de actividades de reflexión y participación en jornadas destinadas a tal fin. Es manifiesto que desde el conocimiento escolar los profesores promueven su comprensión de los problemas en los niños, por ejemplo, ayudando a reflexionar y construir sus proyectos de vida. Como lo advertimos, las intenciones de la enseñanza de las ciencias se constituyen en el medio para que, además de aprender ciencias, se realicen procesos formativos en torno a la promoción de valores, de procesos de comunicación, del afecto y el respeto, entre otros.

La actual legislación colombiana favorece que los profesores innovadores acudan a diversas fuentes y criterios de selección de los contenidos escolares; sin embargo, es posible notar tensiones al buscar responder a los contenidos que se espera que los estudiantes aprendan y los cuales son evaluados mediante pruebas oficiales.

Dados estos contextos particulares, en el conocimiento profesional de los profesores no solo es relevante el conocimiento científico, que en algunos casos se requiere fortalecer, sino además la inclusión y refuerzo de otros referentes, como el conocimiento ancestral, los mitos, la problemática socioambiental. Aunado a estos factores se encuentra el conocimiento experiencial, sobre el cual se hace pertinente la autorreflexión, de modo que se reconozcan los diferentes procesos de ense-

ñanza; cómo estos se han ido perfeccionando a través de proyectos de aula o proyectos escolares y requieren un proceso de acompañamiento para favorecer una mayor fundamentación y análisis, de modo que se pase de un conocimiento personal a otro compartido, discutido y enriquecido por la comunidad.

Al respecto subrayamos que en varios de los estudios de caso realizados en Colombia se evidencia la soledad del profesor innovador y la necesidad de generar mejores condiciones laborales y académicas a fin de que puedan disponer de los tiempos y condiciones adecuadas para la continuidad y desarrollo de los proyectos complementarios o integrados a sus prácticas pedagógicas.

### 3. Investigaciones en relación con el conocimiento escolar sobre el agua

---

Cual lo registramos en la Tabla 3, en el contexto de la didáctica de las ciencias se han hecho investigaciones relacionadas con el proceso de enseñanza y aprendizaje en torno al agua y en la mayoría de ellas se la relaciona con los siguientes ejes temáticos: los problemas socioambientales (Díaz-Moreno & Jiménez-Liso, 2013; Castelltort & Sanmartí, 2013; Lacosta, Sánchez & Fernández, 2006; Cardona, Afanador & Lopera, 2013); como contenido que favorece la elaboración de modelos de representación (Márquez, 2002); como tema que favorece un proceso de complejización del pensamiento (Fernández & Solís, 2011). Los ejes temáticos que mencionamos corresponden a los resultados de investigaciones en países como España, Colombia y Brasil, pero también es posible ubicar en otros contextos el gran interés por la investigación didáctica en torno al contenido del agua.

En las investigaciones realizadas por el Grupo de Investigación en Didáctica de las Ciencias el tópico del agua ha sido considerado para las propuestas de conocimiento escolar (Martínez, 2000, 2016). A continuación presentamos algunas características del conocimiento profesional del docente de ciencias en relación con el conocimiento escolar.

En el nivel declarativo se señala una diversidad de contenidos conceptuales, actitudinales y procedimentales, mientras que en el de acción se da prelación a los contenidos conceptuales (Tabla 4) e incluso se nota tensión al considerar procedimientos y actividades en la clase frente a contenidos procedimentales que no parecen explícitos; por ejemplo, al considerar *la observación* como una actividad en la clase pero no como



un contenido procedimental que requiera ser planteado y reflexionado explícitamente. En este sentido, es de anotar que en la enseñanza de las ciencias se han construido propuestas didácticas que han buscado atender al aprendizaje de estos contenidos procedimentales, como uno de los casos estudiados por Martínez y Valbuena (2013), en el que se pretende la formación de pequeños científicos. Los casos analizados en Martínez (2016) señalan cómo las profesoras innovadoras participantes abordan de manera explícita el aprendizaje de contenidos tanto conceptuales como actitudinales y procedimentales.

En el caso analizado es manifiesta la ausencia de organización previa de tramas de contenidos que orienten el proceso. Este aspecto lo identificamos como una constante en los casos investigados, en los cuales evidenciamos las dificultades para elaborar propuestas didácticas fundamentadas, pues no se suelen hacer explícitas las posibles relaciones entre contenidos.

<b>Tabla 3</b> <b>Algunas investigaciones en relación con la enseñanza y el aprendizaje sobre el agua</b>	
<b>Autores</b>	<b>Algunos aspectos señalados</b>
Márquez (2002)	En uno de sus objetivos busca dar cuenta del proceso evolutivo de las representaciones de los alumnos (en primero y segundo de la ESO) sobre el ciclo del agua, e identifica cuatro modelos: no cíclico, atmosférico, de circulación superficial y de circulación subterránea.
Fernández y Solís (2011); Fernández (2012)	Estudian el proceso de complejización del pensamiento en estudiantes de primero de Bachillerato frente al agua; analizan los grados de centralidad en lo evidente, de uniperspectivismo y pluriperspectivismo, y de complejidad en cuanto a los elementos y las relaciones consideradas. Entre otros, los resultados muestran que durante el proceso se producen evoluciones y retrocesos en los diferentes niveles de complejidad.
Díaz-Moreno y Jiménez-Liso (2013)	Proponen algunos indicadores para identificar si el tema del agua es asumido como controversia sociocientífica en la prensa local de Almería, con la finalidad de discutirla en el aula.
Castelltort y Sanmartí (2013)	No encuentran diferencias significativas en las representaciones que realizan los estudiantes de los últimos tres cursos de Primaria sobre el ciclo natural del agua; destacan el desconocimiento de los estudiantes sobre el ciclo urbano de ella e identifican la importancia del ciclo del agua acorde a los argumentos que dan sobre la importancia de su uso responsable.

**Tabla 3**  
**Algunas investigaciones en relación con la enseñanza**  
**y el aprendizaje sobre el agua**

<b>Autores</b>	<b>Algunos aspectos señalados</b>
Lacosta, Sánchez y Fernández (2006)	En el estudio sobre el conocimiento de los estudiantes del segundo ciclo de la Educación Secundaria Obligatoria sobre la contaminación del agua en general, y en particular del agua subterránea, encuentran que la mayor parte de los estudiantes no consideran el agua subterránea en el ciclo acuífero, muchos estudiantes no tienen clara la procedencia del agua corriente disponible en sus casas, y si bien la mayoría identifica focos de contaminación del agua, poco relacionan contaminantes concretos con acciones cotidianas, además se confunde potabilización con depuración.
Cardona, Afanador y Lopera (2013)	Analizan conocimiento, habilidades y actitudes de los estudiantes de Educación Media en el desarrollo de una propuesta didáctica con relación al agua desde una perspectiva ambientalista; el desarrollo de la unidad didáctica acrecentó la sensibilización, conciencia y adquisición de conocimientos, así como el desarrollo de competencias científicas y ciudadanas. Los estudiantes identifican problemas ambientales y las medidas de protección que deben tomar.
Prieto et al. (2000)	Acorde con sus estudios, señalan que los niños pequeños asumen que en la evaporación del agua “el agua es transformada en aire”.

Por otra parte, también reconocemos la diversidad de fuentes y criterios de selección de los contenidos escolares; en particular, pudimos dar cuenta de cómo en el desarrollo de las clases los estudiantes realizan numerosas intervenciones en las que aportan información con o sin solicitud de la profesora; plantean preguntas sin haber sido exigidas, o responden las de compañeros, participaciones que en algunos casos son desaprovechadas por los profesores para, por ejemplo, introducir nuevos contenidos. El docente es otra fuente de información, ya que a través de sus planteamientos sobre variados problemas dinamiza las clases. Los textos escolares, por su parte, son la ‘fuente’ clásica. Y a todas estas se enlazan las experiencias escolares.

Asimismo, señalamos una diversidad de referentes epistemológicos del conocimiento escolar en la que no solo es relevante el conocimiento científico, sino también el de los estudiantes, el de los docentes, el de la cultura, el del contexto, el de la problemática socioambiental, el de la investigación didáctica, entre otros.



<b>Tabla 4</b> <b>Ejemplo de unidad de información proveniente del nivel de acción, con énfasis en contenidos conceptuales</b>	
<b>Ejemplo de unidad de información</b>	<b>Contenidos</b>
<p>O.R.14. R: A ver, sigue leyendo [...] ** shitt [...]</p> <p>A: (Dulce): En la atmósfera existe agua que no podemos ver: en estado gaseoso, en este estado el vapor de agua existe... por toda...</p> <p>A: (Dulce): Del espacio abierto.</p> <p>R: Ese [el vapor de agua] va a estar en lo que ya hemos comentado, que es la atmósfera... ese va a estar ahí, ¿eh?.</p> <p>R: Muy bien, Dulce, te toca leer [sobre el vapor de agua].</p> <p>R: /Del espacio.</p> <p>R: Vale. El vapor de agua [...] ** [...]. Vale, vamos a ver; fijaos, el vapor... de agua... es la otra... manera que vamos... a tener... el agua..., y es lo que se llama el estado... gaseoso..., ese no lo vamos a ver, ese no lo vamos... a ver, ese dice que está en todos... los espacios abiertos.</p> <p>R: Y [...] ese [vapor de agua] va a ser el que cuando... va a tener un cambio de temperatura y va a ser frío... pues va a formar la lluvia... o... el granizo... o la nieve... ¿eh?</p> <p>.</p>	<p>Estado gaseoso (vapor de agua). Localización (atmósfera, no se ve).</p> <p>Vapor de agua (estado gaseoso). Vapor de agua (no se ve). Ubicación (en todos los espacios abiertos).</p> <p>La atmósfera.</p> <p>Papel de la temperatura, formación de la lluvia, granizo o nieve</p>

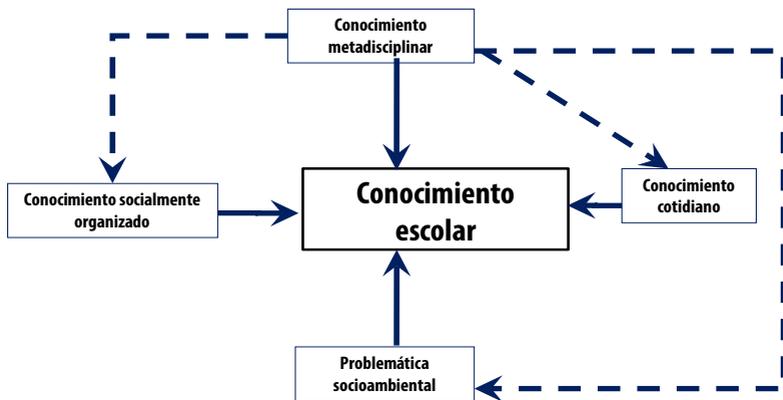
Fuente: Tomada de Martínez (2000).

Con relación a los criterios de validez del conocimiento escolar, también evidenciamos su diversidad. Si bien en algún caso notamos prelación de la evidencia empírica, del texto escolar y de la maestra (Martínez, 2000), en otros casos advertimos claramente las alternativas en cuanto a criterios de validez. Entre otros, destacamos el enriquecimiento de las ideas de los estudiantes y los procesos de negociación, además de la utilidad del conocimiento, su papel en la solución de problemas socioambientales y en la construcción del proyecto de vida de los estudiantes (Martínez, 2000, 2016; Martínez & Valbuena, 2013).

Vislumbramos de esta manera la necesidad de más investigaciones que a su vez puedan fortalecer la formación de los profesores de ciencias. Igualmente, encontramos que hay profesores innovadores que aportan alternativas y participan en la construcción del conocimiento escolar desde una perspectiva en la cual, como señala Lemke (2006), se asume de manera decisiva no quedarse de brazos cruzados en un momento en el que se reclama nuestro trabajo educativo frente a los grandes problemas sociales y ambientales:

*[...] la educación científica debe tomar partido política y moralmente; de otro modo, en el juicio de los estudiantes y en el juicio de la historia se considerará que fuimos tan ciegos y socialmente irresponsables como los educadores que vinieron antes de nosotros, que no se opusieron al imperialismo, al colonialismo, a la esclavitud o a la opresión de la mujer, que no prepararon a los ciu-*

**Figura 3**  
**Referentes del conocimiento escolar**



Fuente: tomado de García y Pérez (1999) y Martínez (2000)



*dadanos para demandar mejores condiciones sanitarias y mejores sistemas de salud o que no exigieron el fin de la contaminación industrial, de la deforestación, de la pesca indiscriminada y de la creación y uso de armas biológicas, químicas y nucleares de destrucción masiva. (Lemke, 2006, pp. 9-10)*

En este mismo sentido, Hodson (2003) plantea la necesidad de una propuesta de enseñanza de las ciencias que atienda tanto a problemas locales como regionales, nacionales y mundiales, los que, según este autor, se pueden abordar desde cuatro niveles:

Nivel 1: Reconocer que la ciencia y la tecnología están, en cierta medida, culturalmente determinadas.

Nivel 2: Reconocer que la ciencia y la tecnología están vinculadas con la distribución de la riqueza y el poder.

Nivel 3: Contribuir al desarrollo de las propias opiniones comprendiendo que le subyacen valores determinados.

Nivel 4: Preparación para entrar en acción.

Las anteriores propuestas tienen distintas implicaciones en la construcción del conocimiento escolar. Bajo una mirada no centrada en la ciencia, sino desde una perspectiva que se abre a otros referentes, se busca atender problemas propios de la enseñanza de las ciencias, en los que son fundamentales los procesos formativos, el pensamiento crítico y la búsqueda de alternativas a los problemas relevantes del contexto. Se trata de ir más allá del 'saber o no saber', de ser posible alcanzar niveles de sofisticación o complejización, mediante propuestas elaboradas en nuestros contextos particulares y en diálogos con otras.

Desde Martínez (2000) señalamos la relevancia de varias categorías en la comprensión del conocimiento de los profesores en torno al conocimiento escolar: fuentes y criterios de selección, referentes epistemológicos, criterios de validez, contenidos escolares, que se han venido enriqueciendo en trabajos posteriores. De igual manera, hemos incluido otras, desde otros análisis, que también nos permiten comprender la complejidad de este conocimiento; por ejemplo, la categoría niveles de formulación, de la que daremos algunos ejemplos para su comprensión, en el siguiente apartado.

Niveles de formulación del conocimiento escolar  
Hipótesis de progresión/transición del conocimiento profesional del docente de ciencias sobre el conocimiento escolar

Los profesores hemos aprendido que los estudiantes elaboran explicaciones en diferentes niveles de complejidad, que frente a una circunstancia es posible identificar situaciones semejantes, en las que advertimos un número de elementos diferenciados, al igual que en el tipo de relaciones por ellos planteadas. En el caso de las pruebas de entrada, son constantes las ocasiones en las que estas no van más allá de un adorno constructivista (García, 1999; Martínez, 2000); sin embargo, este es un conocimiento considerado referente central en la organización de las propuestas de enseñanza que nos permite identificar lo que regularmente denominamos ‘estudiantes más o menos avanzados’; evento que a su vez establece condiciones para diferenciar un curso de otro; un grupo de estudiantes de otro; y más puntualmente, nos ayuda a particularizar entre trabajar con el estudiante A o con el estudiante B. Es un conocimiento profesional que nos permite determinar la ‘calidad’ del conocimiento de los estudiantes y, a su vez, elaborar propuestas de enseñanza diferenciadas, contexto que promueve pensar en un proceso en el que logremos complejización. Este conocimiento particular es señalado por Shulman (1987), en el caso de la profesora Nancy, cuando ella elabora los procesos de enseñanza de la literatura, en los que identifica varios niveles de enseñanza (Tabla 5).

Tabla 5 Niveles en la enseñanza de la literatura, de la profesora Nancy	
Nivel	Característica
<i>Primer Nivel</i>	El corresponde simplemente a una traducción ... Consiste en comprender el significado literal, denotativo
<i>Segundo Nivel</i>	Alude al significado connotativo y una vez más es preciso examinar las palabras ... ¿Qué significa eso? ¿Qué nos dice acerca del personaje?
<i>Tercer Nivel</i>	Es el de la interpretación ... Es el corolario del primer y segundo niveles. Si el autor está empleando un símbolo, ¿qué indica éste respecto a su visión de la vida?
<i>Cuarto Nivel</i>	Es lo que llamo aplicación y evaluación. Allí es donde captan lo que es la literatura y se dan cuenta de qué manera tiene sentido para sus propias vidas. ¿Dónde veríamos ocurrir ese suceso en nuestra propia sociedad?

Fuente: elaboración de la autora con base en Shulman (1987).

Si bien Shulman (1987) plantea este ejemplo para aludir al conocimiento profesional que la profesora elabora, nosotros también lo consideramos relevante en los niveles de formulación, en este caso de la literatura, que subyacen a los niveles en la enseñanza que ella ha construido. Y es que en la enseñanza con un grupo de estudiantes ‘reales’, en un contexto determinado, y con propuestas de enseñanza que buscan considerar como referente esos conocimientos particulares, de manera explícita o no, reflexionada o no, los docentes construimos propuestas de conocimiento escolar elaboradas en diferentes niveles.

Entre los elementos fundamentales en la elaboración de propuestas de conocimiento escolar, además de las tramas de contenidos están los niveles de formulación y las hipótesis de progresión. Estos se consideran a modo de posible secuenciación en la construcción del conocimiento escolar; en términos de García Díaz (1998, p.148) “[...] hipótesis de secuenciación sobre cómo se construye el conocimiento en el aula que, integrando la trama propuesta con los datos que se tengan sobre pensamiento de los alumnos, dote de una dimensión dinámica a la organización del conocimiento escolar”. De esta manera se reconocen diferentes niveles de formulación posibles de los contenidos (Giordan & De Vecchi, 1995; García, 1994).

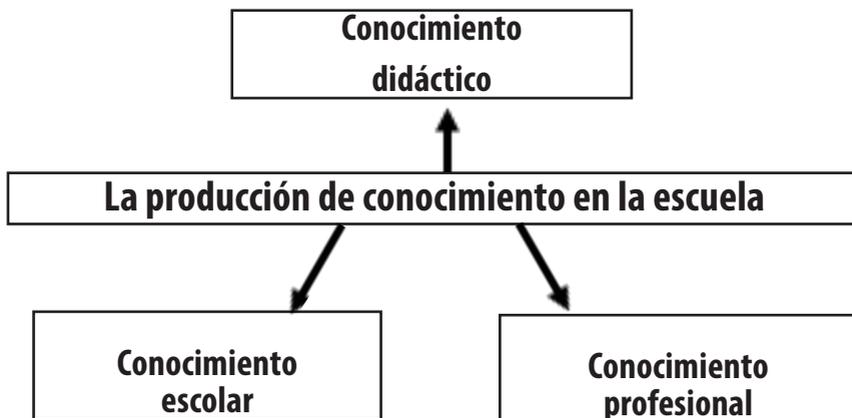
Respecto del conocimiento profesional de los profesores sobre el conocimiento escolar, en particular sobre los niveles de formulación, elaboramos una hipótesis de progresión que aborda variass perspectivas o modelos y parte de visiones tradicionales (nivel 1) hacia visiones integradoras y transformadoras (nivel 3), pasando por transiciones que pueden ser, o bien de tendencia instruccional /cientificista, o espontaneísta (nivel 2). En la Tabla 6 recogemos la hipótesis de progresión realizada para las dos categorías abordadas.

Tabla 6 Hipótesis de progresión del conocimiento profesional de los docentes sobre el conocimiento escolar, en particular respecto de los niveles de formulación				
Niveles	Nivel 1	Nivel 2		Nivel 3
	<i>Tradicional</i>	<i>Instruccional/ científica</i>	<i>Espontáneo</i>	<i>Integrador/ transformador</i>
Niveles de formulación (F) -	Los contenidos son previamente definidos, sin cambios en el proceso. Centrado en datos y etiquetas. Se dan cambios no graduales del no saber al saber.	Los contenidos son previamente definidos, sin cambios en el proceso. Se dan cambios graduales mediante la superación de errores (escalonamiento prefijado).	No hay un diseño previo de los contenidos, varían en el proceso sin un hilo conductor explícito. Hay cambios graduales o no, sin hipótesis que orienten el proceso.	Los contenidos son previamente definidos, pero pueden cambiar en el proceso. Proceso de cambios graduales con explicitación de niveles de formulación, a modo de proceso investigativo abierto.

Fuente: Martínez (2000). Tabla elaborada con base en Rivero (1996), Porlán y Rivero (1998), García (1998) y materiales del grupo DIE

Como lo hemos reiterado, es importante reconocer la escuela como un espacio de producción de conocimiento, desde una triple perspectiva: conocimiento profesional del docente, conocimiento escolar y conocimiento didáctico (Figura 4).

**Figura 4**  
**Triple perspectiva de producción de conocimiento en la escuela**



Fuente: Martínez (2000).

## Niveles de formulación del conocimiento escolar sobre el agua: resultados de investigación

En trabajos anteriores (Martínez, 2000) vimos varios niveles de formulación del CE, y como lo indicamos, en los procesos de planeación no se hacen explícitos; sin embargo, al analizar el nivel de acción del conocimiento profesional de los profesores de ciencias reconocimos cinco niveles respecto a los contenidos conceptuales gracias a la grabación audiovisual de las clases desarrolladas (Tabla 7).

Tabla 7 Niveles de formulación identificados en uno de los casos investigados		
Nivel de formulación	Descripción	Frecuencia
1	<i>Conceptuales</i>	93
	Centrado en el uso de etiquetas.	
2	Centrado en descripción de procesos o enumeración de eventos.	218
3	Aborda explicaciones simples en las que se alude algún proceso (al sol, la evaporación, la temperatura, etc., pero sin entrar en él.	66
4	Explicaciones en las que se entra en la naturaleza del cambio, o naturaleza del estado de agregación.	2
5	Explicaciones en las que se ubica y relaciona en un contexto macro a modo de teorías.	0
P6	<i>Procedimentales</i>	30
	Centrado en procedimientos mecánicos repetitivos en los que se tratan directamente objetos físicos, son procedimientos que se usan de manera idéntica en situaciones diversas.	
P7	Contenido procedimental estratégico que exige actuación diversificada, de mayor número de pasos, y por tanto ha de tener en cuenta más alternativas para realizarlo. Trata símbolos, ideas, letras, conceptos, abstracciones.	0
A8	<i>Actitudinales</i>	56
	Contenidos actitudinales relacionados con la heteronomía en la toma de decisiones, y egocéntrico en la mirada del mundo.	
A9	Contenidos actitudinales relacionados con la autonomía en la toma de decisiones y mirada biocéntrica del mundo.	23

Fuente: tomada de Martínez (2000).

En este caso, presentado en la Tabla 7, encontramos varias intervenciones en las que el contenido referido al *vapor de agua* y al *estado gaseoso* se trata ‘a modo de etiqueta’. Por ejemplo, a la pregunta del profesor “¿qué es vapor?”, los niños respondieron: “vapor”. Al considerar que no era la respuesta esperada, aclara que “es un gas”, y agrega: “pasa a estado gaseoso”, con lo cual este énfasis identifica el vapor de agua con el término ‘gas’, puesto que no se aborda otro tópico que lleve a describirlo o a explicarlo. Recordemos que este tipo de casos, aunque no son los más constantes, se presentan con gran frecuencia, lo cual nos señala que buena parte de las intervenciones tratan los contenidos desde niveles de formulación bajo.

El nivel de formulación centrado en descripciones es el más utilizado, pero también se formulan contenidos con niveles más complejos, de tipo explicativo. Ejemplos de este tipo los encontramos cuando se abordan los factores que inciden en los cambios de estado, o las explicaciones referidas a la temperatura, en unos casos, o al frío, en otros, para que ocurra el cambio del agua de líquida a sólida:

Baja temperatura		Frío		
Agua líquida	→	Agua líquida	→	Agua sólida

Es de resaltar que en el caso de la ‘fusión’ se aborda el nivel explicativo, sin embargo en ningún caso se utilizó este término, situación que ilustra preocupación por explicar lo que ha ocurrido pero no evidencia la intención por parte del profesor de nombrar el término científico; incluso, el de ‘condensación’ es nombrado por un estudiante, mientras que el de ‘evaporación’ sí es citado por el profesor, acaso por considerarlo de uso más popular. Quizá esta observación fortalece los planteamientos que realizamos en otras categorías, en el sentido de que se busca un proceso de enriquecer el conocimiento cotidiano.

Las explicaciones, cuya frecuencia es relativamente importante, así no sean constantes, las consideramos un eje movilizador; en particular destacamos el caso del profesor, aunque debe tenerse en cuenta que estas explicaciones se dan solo en relación con los ‘cambios de estado’ y son de carácter simple.

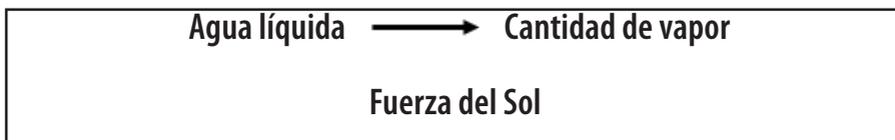
También identificamos un nivel de formulación 4, de tipo explicativo, en el que se aborda la naturaleza del cambio. En la siguiente unidad de información el profesor da una explicación sobre la naturaleza del



proceso, en términos de “fuerzas” en el Sol y el agua, así como de agua-agua; veamos un fragmento de la unidad:

P: El Sol. Hay zonas de nuestro planeta donde el sol da con más fuerza, da más calor [...] y se evapora más; hay zonas donde hay menos fuerza, el agua tiene más fuerza y se evapora menos [...]. (“Fuerza” del Sol)

En este caso la explicación la representamos así:



Esta es una explicación muy interesante, en tanto intenta abordar la naturaleza del cambio, aunque señala la influencia de la “fuerza” del sol en la cantidad de vapor, con lo cual se puede inducir a ideas equivocadas respecto al papel del Sol, pues no se consideran otros factores, como el tiempo de incidencia, el área de exposición, etc., sino que se introduce la palabra ‘fuerza’, y no se indica a qué se refiere. Investigaciones como la de Erickson y Tiberghien (1992) señalan que los niños tienden a explicar situaciones relacionadas con la transferencia de calor como ‘fuerza/debilidad del calor’, una propiedad atribuida al calor, quizás en este caso al Sol, aunque se introduce la idea de que ‘el agua tiene fuerza’, con lo que podría referirse a las interacciones ‘agua-agua’. Este supuesto lo hacemos teniendo en cuenta que en una de las unidades de información el profesor ya había hecho referencia a este tipo de explicación. Veamos el final de la unidad:

*P: También es agua [...] ¿verdad?, lo que pasa es que... os acordáis, os acordáis que el otro día decíamos que la... eh... esas partículas que formaban el agua cuando estaban ahí juntitas, pues cuando tú le das calor empiezan a separarse unas de otras, hasta tal punto que ya empiezan a... a salirse del cacharro, ¿verdad? a... flotar en el aire, eso: son como gotitas: muy pequeñitas, de agua, que flotan, es el vapor de agua, es el vapor de agua.*

En este caso la explicación sería:



La consideración de esta visión es fundamental, dado que es una manera de introducir una visión más compleja del proceso. Démonos cuenta de que estas explicaciones abordan un mundo desde lo micro, donde se introduce la idea de que ocurren cambios en el agua, que el docente señala en términos de espacio entre las ‘partículas’ que la forman, de tal manera que además se involucra la idea de que la sustancia ‘agua’ no es un todo continuo, sino que está formada de ‘partículas’, con lo que pareciera establecerse relaciones entre elementos del mesocosmos ‘agua’ y del microcosmos ‘partículas de agua’. Sin embargo, al final de la intervención, el profesor adiciona: “son como gotitas, muy, pequeñas, de agua”, con lo cual volvemos nuevamente a la idea del mesocosmos ‘gotitas de agua’, pero además señala que estas son muy pequeñas.

Este ejemplo es un intento de introducir la idea de que ese aparente mundo estático del mesocosmos: agua, es un mundo dinámico, partículas en movimiento, lo que podría contribuir a un proceso desde un pensamiento simple hacia otro complejo (García, 1998). Como lo señalan García Díaz *et al.* (1996), uno de los obstáculos a superar en este proceso de complejización es el ‘centrarse en lo perceptivo y evidente’, es la comprensión de que existen niveles de organización diferentes de los que podemos percibir por nuestros sentidos. Pero lo planteamos en términos de una posibilidad únicamente, puesto que como hemos analizado, finalmente la explicación se aborda en términos de ‘gotitas, muy pequeñas, de agua’.

Respecto a los contenidos procedimentales, solo hemos identificado contenidos de relativa simplicidad y poca diversidad, todos referidos a la observación, como lo registramos en la siguiente unidad de observación (Tabla 8).

Los contenidos actitudinales que predominan son los de más simplicidad, aunque también identificamos contenidos actitudinales más complejos. En la siguiente unidad de información (Tabla 9) señalamos ejemplos de contenidos actitudinales referidos al *agua*, en particular cuando reflexionan acerca de la suciedad del agua y cómo puede limpiarse.

Aquí hemos de hacer referencia a la importancia de considerar explícitamente los niveles de progresión desde los cuales el maestro orienta el cambio progresivo de ideas simples a otras más complejas, como un proceso que orienta el cambio, esto es, un proceso que el maestro ha elaborado y reflexionado. Por lo tanto, es necesario enfatizar que este proceso debe ser parte de un “conocimiento profesionalizado del



<b>Tabla 8</b> <b>Ejemplo de unidad de información en la acción con contenidos procedimentales</b>	
<b>Unidades de información</b>	<b>Contenidos</b>
<p>O.P.1.</p> <p>P: Vamos a comentar lo que hemos hecho [en el experimento en casa] y lo que hemos visto ¿verdad? Lo que hemos observado. Primero, eh... Todo el mundo cogió, su... el recipiente para hacer hielo, ¿verdad?</p> <p>A: / Yo sí.</p> <p>P: Y preparó el agua, lo metió dentro del congelador, y a ver, cada uno, pues va comentando, ¿cuánto tiempo tardó en mirarlo?, ¿qué pasó la primera vez que lo vio?, ¿qué había ocurrido?; en fin, cada uno que cuente esa primera parte, cómo lo vio y qué pasó, ¿vale? [...] ¿Nadie quiere empezar? [...] ¡Manolo, Manolo! ¿tú hiciste esa primera parte de meter el agua en el congelador?</p> <p>A: (Afirma con la cabeza).</p> <p>P: ¿Y qué pasó cuando metiste el agua en el congelador?</p> <p>A: (Manolo) Al sacarlo, ¿que qué pasó?</p> <p>P: Sí.</p> <p>A: (Manolo) Que se congeló.</p> <p>P: Pero rápidamente, cuando fuiste, a la hora ya estaba congelado.</p> <p>A: (Manolo) No, que, que [...] sí.</p> <p>P: Sí, bueno, y en qué había cambiado el agua que tú habías metido, en qué, cuál había sido el cambio que había ocurrido.</p> <p>A: (Manolo) Que se congeló.</p> <p>P: ¿Y qué significa que se había congelado, qué cambios había en el agua?</p> <p>A: (Manolo) Porque... por la baja temperatura (lee de su cuaderno).</p> <p>P: No, pero yo no te pregunto por qué se había congelado, sino cuál era la diferencia entre el agua que estaba... el agua que tú metiste, y el agua congelada, el hielo.</p>	<p>Cambio de estado (congelador), Observación.</p> <p>Congelarse, Observación.</p> <p>La congelación (proceso).</p> <p>Observación.</p> <p>El cambio del agua, observación.</p> <p>Congelarse, Observación.</p> <p>Cambios del agua en la congelación, Observación.</p> <p>Papel de la temperatura, Observación.</p> <p>Diferencias entre agua sin congelar y agua congelada (hielo), Observación.</p>

Fuente: Martínez (2000).



contenido,” en el que diferentes fuentes, como la revisión de estudios didácticos, se hace imprescindible (Del Pozo, 1994) en un proceso coherente con el planteamiento del profesor- investigador que “participa en proyectos de experimentación curricular y de desarrollo profesional” (Porlán & Rivero, 1998).

#### 4. Para reflexionar

---

Tal como evidenciamos en los ejemplos anteriores, predominan niveles bajos de formulación en las intervenciones y prevalecen los contenidos conceptuales referidos a etiquetas y descripciones; asimismo, registramos bastantes referencias a contenidos con niveles de formulación explicativos, pero en la mayoría no se hace referencia a la naturaleza del proceso. Desde este contexto nos preguntamos si de manera explícita como profesores tenemos la intención de abordar estos niveles de complejidad. Si bien consideramos necesario mirar el detalle de la construcción del conocimiento escolar que promovemos, nos interrogamos sobre cuáles son las intenciones, qué referentes le subyacen, cuáles son nuestros compromisos como profesionales, y en particular, cuál es el conocimiento que como profesionales estamos construyendo cuando enseñamos ciencias.

También es necesario preguntarnos por: ¿Cuáles son los contenidos procedimentales y actitudinales que intencional y explícitamente buscamos construir? ¿Dejamos que de manera tácita se desarrollen contenidos procedimentales que planteamos como actividades en nuestras propuestas de conocimiento escolar en ciencias? ¿Qué sabemos y cómo contribuimos a promover la observación, la formulación de preguntas, la identificación de problemas, la construcción de alternativas de solución? De ahí la importancia de fortalecer nuestros procesos de formación profesional, de modo que desde una perspectiva investigativa construyamos propuestas de conocimiento escolar en ciencias que, como profesionales, identifiquemos deseables para nuestros contextos, de tal modo que es imprescindible establecer la conexión entre la reflexión y construcción del conocimiento profesional del docente y el conocimiento escolar (García, 2000).

Es parte de nuestra labor dar cuenta de las construcciones que los profesores innovadores realizan. Algunos casos han hecho parte de nuestras investigaciones (Martínez & Valbuena, 2013; Martínez, 2016). Desde uno de los grupos de referencia para esta investigación, el IRES, se proponen niveles de transición en el abordaje de problemáticas socioam-

bientales, que se retoman en la Tabla 10 para que puedan ser discutidos a fin de enriquecer la mirada del conocimiento escolar en ciencias.

Esta perspectiva metadisciplinar que busca la transición de un pensamiento simple a uno complejo, que compartimos, se constituye en referente central para los procesos de formación de profesores, del conocimiento profesional de ellos y del conocimiento escolar. Igualmente, algunas de las propuestas de hipótesis de progresión que hemos construido (Martínez & Martínez, 2012) y en particular respecto del conocimiento profesional del docente sobre el conocimiento escolar, investigación que venimos enriqueciendo a partir de Martínez (2000), Martínez y Valbuena (2013) y Martínez (2016), se constituyen en referentes ante el reto de preguntarnos: ¿Qué significa enseñar química, biología, física, etc., para favorecer un proceso de complejización? ¿Cuáles son las características y problemas de nuestra sociedad que ayudan a construir un referente educativo general de nuestras propuestas ante nuevos retos (educación para afrontar la incertidumbre, para la democracia, para la paz)? ¿Qué propuestas de formación de profesores pueden contribuir en este proceso de complejización? ¿Qué conocimiento profesional se requiere o desarrolla cuando favorecemos este proceso de complejización del conocimiento de los estudiantes?



<b>Tabla 10</b> <b>Propuesta de hipótesis de progresión/transición del conocimiento escolar en ciencias</b>			
Transición	Descripción	Ejemplo para analizar respecto del agua	
De una concepción aditiva y cerrada a otra más relativista e integradora.	Inclusión de diversidad de elementos implicados, relaciones y variables.	Del centramiento en el uso doméstico del agua hasta la inclusión de diversos factores, como las fuentes hídricas.	
	Perspectiva integradora y transformadora.	De monoperspectivas (sociales y naturales) a poliperspectivas.	El agua (contaminación, distribución, usos, posesión, etc.) desde el conocimiento ancestral.
		Inclusión de aspectos valorativos e ideológicos.	Debates respecto a una "nueva cultura del agua".
		Los diferentes tipos de contenidos y acciones y en diferentes niveles de complejidad.	¿Cuál es nuestra participación en la gestión del agua? ¿Qué le ocurre al agua cuando se contamina?
		Lo local con lo global, lo concreto con lo general.	¿Cuál es el consumo del agua en la casa, en la ciudad, en el país, en otros países?
		De la ciencia como fin en sí misma, a la ciencia como medio del proceso de formación.	¿Qué aporta la enseñanza del agua en la consolidación de un proyecto de vida?
	Varios niveles de organización (meso-, micro- y macrocosmos).	Relaciones entre el agua que se gasta en la ducha y las implicaciones en los ríos.	
	Superación de visiones egocéntricas, sociocéntricas y antropocéntricas.	¿Todos usamos el agua de la misma manera, en todos los contextos y en distintos tiempos?	

<b>Tabla 10</b> <b>Propuesta de hipótesis de progresión/transición del conocimiento escolar en ciencias</b>		
<b>Transición</b>	<b>Descripción</b>	<b>Ejemplo para analizar respecto del agua</b>
	De la heteronomía a la autonomía.	¿Qué puedo hacer para que en la vida diaria contribuya al uso racional del agua?
Desde la causalidad simple hacia la causalidad compleja.	Superación de la causalidad absoluta, mecánica-lineal.	¿Por qué usamos el agua de esa manera? ¿Habrá otras maneras de gestionar su uso?
	Desde la perspectiva del antagonismo hasta la de complementariedad.	Frente a la escasez del agua, cómo negociar y optimizar su uso.
De una consideración del cambio (tiempo y espacio) estático hacia procesos de coevolución.	Superar enfoques fijistas, estáticos, fatalistas y cíclicos.	¿Es posible 'vivir bien' sin gastar tanta agua?, ¿de qué manera?
	Los sistemas evolucionan en interacción.	¿Qué relaciones se dan entre el desarrollo científico y tecnológico y el uso del agua?
De una mirada predeterminada del conocimiento escolar a un proceso constructivo.	De propuestas de conocimiento escolar producidas por los textos y las normativas a propuestas construidas en función de problemas con sentido para los niños y jóvenes.	¿Qué saben los niños sobre el agua? ¿Cuáles son los problemas relevantes del contexto local?
	De la consideración del profesor como técnico al profesor de ciencias como intelectual, investigador y productor de conocimiento.	¿Qué investigaciones didácticas se han realizado en torno al agua? ¿Qué he aprendido sobre la enseñanza del agua?

Fuente: elaboración de la autora con base en Rodríguez, Fernández y García (2014), enriquecida a partir de Martínez (2000, 2016).

- Abell, S. (1997). ¿The professional development of science teacher educators: Is there a missing piece? *Electronic Journal of Science Education* [on-line], 1(4). Recuperado de <http://unr.edu/homepage/jcannon/ejse/abell.html>
- Abell, S. (2007). Research on science teacher knowledge. En S. Abell y N. Lederman, *Handbook of research on science education*. Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum.
- Abell, S. (2008). Twenty Years Later: ¿Does pedagogical content knowledge remain a useful idea? *International Journal of Science Education*, 30(10), 12.
- Abell, S., & Lederman, N. (2007). *Handbook of Research on Science Education*. Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum.
- Abd-el-Khalick, F., & Boujaoude, S. (1997). An Exploratory Study of the Knowledge Base for Science Teaching. *Journal of Research in Science Teaching*, 34(7), 673-699.
- Abril, A., & Muela, F. (2013). La genética en el cine y los obstáculos para su aprendizaje formal. IX Congreso Internacional sobre Investigación en Didáctica de las Ciencias. *Revista Enseñanza de las Ciencias*, número extra, 2441-2446.
- Adúriz-Bravo, A., & Izquierdo, M. (2002). Acerca de la didáctica de las ciencias como disciplina autónoma. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 1(3). Recuperado de <http://www.saum.uvigo.es/rec>
- Akerson, V. L., Flick, L. B., & Lederman, N. G. (2000). The influence of primary children's ideas in science on teaching practice. *Journal of Research in Science Teaching*, 37(4), 363-385.
- Álvarez, A. (2007). *Las Ciencias Sociales en el currículo escolar: Colombia 1930-1960*. (Tesis doctoral). Universidad Nacional de Educación a Distancia.
- Abimbola, I. O. (1988). The problem of terminology in the study of student conceptions in science. *Science Education*, 72(2), 175-184.

- Albino, N., De Oliveira, O., Araújo, J., Dantas, J., & Gonçalves, F. (2013). As atitudes de estudantes da rede brasileira de educação tecnológica sobre as relações entre ciência-tecnologia – sociedade - ambiente (CTSA). IX Congreso Internacional sobre Investigación en Didáctica de las Ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, número extra, 2589-2594.
- American Association for the Advancement of Science (2016). *The AAAS Project 2061 Science Assessment Website*. Recuperado de <http://assessment.aaas.org/pages/home>
- Anderson, C. W. (1989). Policy implications of research on science teaching and teachers' knowledge. En *Competing vision of teacher knowledge, east lansing national center for research on teacher education*, s. d.
- Anderson, K. E (1950). The teachers of science in a representative sampling of Minnesota schools. *Science Education*, 34(1), 57-66.
- Angulo, F. (1998). La formación del profesor de ciencias: fundamentos teóricos en una perspectiva de autorregulación metacognitiva. *Revista Educación y Pedagogía*, 21, 69-96.
- Appleton, K. (2007). Elementary science teaching. En S. Abell & N. Lederman, *Handbook of Research on Science Education*. Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum.
- Astolfi, J. P. (2001). *Conceptos clave en la didáctica de las disciplinas*. Sevilla: Díada Editora.
- Astudillo, H., & Gene, A. (1984). Errores conceptuales en biología. La fotosíntesis. *Enseñanza de las Ciencias*, 2(4)15-16.
- Ausubel, D. P. (1968). *Educational Psychology: A cognitive view*. Nueva York: Holt. (Traducción en español: *Psicología educativa. Un punto de vista cognoscitivo*. México: Trillas, 1976).
- Ausubel, D. P. (1978). *Psicología educativa. Un punto de vista cognoscitivo*. México: Trillas.
- Ball, S. (1998). Big policies/small world: an introduction to international perspectives in education policy. *Comparative Education*, Oxford, 34(2), 119-130.

- Ball, S. (2015). *Estandarización y docencia. La entrevista*. Recuperado de <https://www.youtube.com/watch?v=yXi7Foad7O0>
- Ballenilla, F. (2003). *El practicum en la formación inicial del profesorado de ciencias de enseñanza secundaria. Estudio de caso*. (Tesis doctoral). Universidad de Sevilla.
- Barajas, D. (2005). *Las relaciones que establece el profesor universitario de biología con la disciplina que enseña. Una explicación epistemológica en dos estudios de caso en la Universidad Tecnológica del Chocó*. (Tesis de maestría en Educación con énfasis en Docencia de las Ciencias Experimentales). Universidad de Antioquia.
- Bauch, P. A. (1984). The impact of Teachers' instructional Beliefs on Their Teaching: Implications for Research and Practice. *Reunión anual de la AERA*. New Orleans, abril.
- Baumert, J., Kunter, M., Blum, W., Brunner, M., Voss, T., Jordan, A., Klusmann, U., et al. (2010). Teachers' mathematical knowledge, 17 cognitive activation in the classroom, and student progress. *American Educational Research Journal*, 47, 133-180.
- Behnke F. L. (1961). Reactions of scientists and science teachers to statements bearing on certain aspects of science and science teaching. *School Science and Mathematics*, 61, 193-207.
- Berry, A., Loughran, J., & Van Driel, J. (2008). Revisando las raíces del conocimiento pedagógico de contenido. *International Journal of Science Education*, 30(10), 1271-1279.
- Bol, L., & Strage, A. (1996). The contradiction between teachers' instructional goals and their assessment practices in high school biology courses. *Sci. Ed.*, 80, 145-163.
- Bonilla, O. (2013). *Ampliando la conceptualización del conocimiento pedagógico del contenido, la perspectiva intercultural*. (Tesis de doctorado en Educación). Universidad de Antioquia.
- Borko, H., & Livingston, C. (1989). Cognition and improvisation: differences in mathematics instruction by expert and novice teachers. *American Educational Research Journal*, 26, 473-498.
- Boyer, R., & Tiberghien, A. (1989). Goals in physics and chemistry education as seen by teachers and high school pupils. *International Journal of Science Education*, 11(3), 297-308.

- Brandenburg, R. (2008). *Powerful pedagogy: Self-study of a teacher educator's practice*. Dordrecht, the Netherlands: Springer.
- Brock, W. (1998). *Historia de la química*. Madrid: Alianza Editorial.
- Bromme, R. (1988). Conocimientos profesionales de los profesores. *Enseñanza de las Ciencias*, 6(1), 19-29.
- Bruce, L. R. (1971). A study of the relationship between the SCIS teachers' attitude toward the teacher-student relationship and question types. *J. Res. Sci. Teach.*, 8, 157-164. doi:10.1002/tea.3660080209.
- Caamaño, A., Mayós, C., Maestre, G., & Ventura, T. (1983). Consideraciones sobre algunos errores conceptuales en el aprendizaje de la química en el bachillerato. *Enseñanza de las Ciencias*, 1(3), 198-200.
- Cadavid, V., & Tamayo, O. (2013). Metacognición en la enseñanza y en el aprendizaje de conceptos en química orgánica. IX Congreso Internacional sobre Investigación en Didáctica de las Ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, número extra, 546-550.
- Cajas, F. (2001). Alfabetización científica y tecnológica: la transposición didáctica del conocimiento tecnológico. *Enseñanza de las Ciencias*, 19(2), 243-254.
- Calderhead, J. (1988). Conceptualización e investigación del conocimiento profesional de los profesores. En L. M. Villar (Ed.), *Conocimiento, creencias y teorías de los profesores*. Murcia: Marfil.
- Calderhead, J. (1988). Introduction to his ed. *Teachers Professional Learning*. Lewea, Falmer Press, 1-11.
- Calleja, E., Garritz, A., & Reyes-Cárdenas, F. (2007) ¿Cuál es el conocimiento básico que los profesores necesitan para ser más efectivos en sus clases? El caso del concepto reacción química. *Revista Tecnó Episteme y Didaxis*, 22, 32-48.
- Cañal, P. (1993). La Didáctica de las Ciencias hoy. En *Proyecto Docente*. (Documento inédito). Universidad de Sevilla.
- Caravita, S., & Hallden, O. (1994). Re-framing the problem of conceptual change. *Learning and Instruction*, 4, 89-111.

- Cardona, J., Afanador, C., & Lopera, M. (2013). La magia del agua: una propuesta didáctica para la enseñanza y el aprendizaje de tópicos ambientales. IX Congreso Internacional sobre Investigación en Didáctica de las Ciencias. *Revista Enseñanza de las Ciencias*, número extra, 662-666.
- Carey, R. L., & Stauss, N. G. (1970). An analysis of experienced science teachers' understanding of the nature of science. *School Science and Mathematics*, 70(5), 366-376.
- Carr, W., & Kemmis, S. (1988). *Teoría crítica de la enseñanza. La investigación-acción en la formación del profesorado*. Barcelona: Martínez Roca.
- Carter, K. (1990). Teachers' knowledge and learning to teach. En W. R. Houston (Ed.), *Handbook of Research on Teacher Education*. New York: Macmillan.
- Castelblanco, J.; Córdoba, F., & García, Á. (2014). Habilidades cognitivolingüísticas para describir, explicar, justificar y argumentar en estudiantes de tecnología en gestión de la producción agroindustrial. Sexto Congreso Internacional sobre Formación de Profesores de Ciencias. *Revista Tecné, Episteme y Didaxis: TED*, año 2014, número extraordinario, Memorias, 467-479.
- Castelltort, A., & Sanmartí, N. (2013). El aprendizaje interrelacionado de contenidos de ciencias y actitudes ambientales en la Educación Primaria: la influencia de las actividades externas en el caso del uso sostenible del agua. IX Congreso Internacional sobre Investigación en Didáctica de las Ciencias. *Revista Enseñanza de las Ciencias*, número extra, 726-731.
- Chervel, A. (1991). Historia de las disciplinas escolares. Reflexiones sobre un campo de reflexión. *Revista de Educación*, 295(1), 69-111.
- Chevallard, Y. (1991). ¿Qué es la transposición didáctica? En *La transposición didáctica: del saber sabio al saber enseñado*. (Trad. C. Gilman). Argentina: Aique, 45-47.
- Cheung, D., & Ng, P. (2000). Science teachers' beliefs about curriculum design. *Research in Science Education*, 30, 357-375.
- Chinn, P. (2012). Developing Teachers' Place-Based and Culture-Based Pedagogical Content Knowledge and Agency. Chapter 23. En B. J.

- Fraser, K. G. Tobin & C. J. McRobbie (Eds.), *The International Handbook of Research in Science Education* (2.<sup>a</sup> ed.). Dordrecht: Springer Verlag.
- Cho, H. H., Kahle, J. B., & Nordland, F. H. (1985). An investigation of high school biology textbooks as sources of misconceptions and difficulties in genetics and some suggestions for teaching genetics. *Science Education*, 69, 707-719.
- Clandinin D. J., & Connelly, F. M. (1996). Teachers' professional knowledge landscapes: Teacher stories-stories of teachers-school stories-stories of schools. *Educational Researcher*, 25(3), 24-30.
- Clark, C. M., & Peterson, P. L. (1986). Teachers' thought process. En M. C. Wittrock (Ed.), *Handbook of research on teaching* (pp. 255-296), 3.<sup>a</sup> ed. New York: Macmillan.
- Clark, C. M. & Peterson, P. L. (1990). Procesos de pensamiento de los docentes. En Wittrock (Comp.). *La investigación de la enseñanza, III. Profesores y alumnos*. 2.<sup>a</sup> ed. Barcelona: Ministerio de Educación (Título original de 1986: *Handbook of research on teaching*).
- Clermont, C., Borko, H., & Krajcik, J. (1994). Comparative study of the pedagogical content knowledge of experienced and novice chemical demonstrators, *Journal of Research in Science Teaching*, 31(4), 419-441.
- Cobern, W. (1989). A comparative analysis of NOSS profiles on Nigerian and American preservice, secondary science teachers. *Journal of Research in Science Teaching*, 26(6), 533-541.
- Cochran, K., & Jones, L. (1998). The subject matter knowledge of pre-service science teachers. En Fraser & Tobin (Eds.), *International handbook of science education*. London: Kluwer Academic publishers.
- Cochran-Smith, M., & Lytle, S. L. (1993). *Inside/Outside Teacher Research and Knowledge*. New York: Teachers College Press.
- Cochran-Smith, M. & Lytle, S. L. (1999). The teacher research movement: A decade later. *Educational Researcher*, 28(7), 15-25.
- Colombo de Cudmani, L., & Cudmani, I. C. (1988). Física Básica: incidencia de la instrucción sobre los errores conceptuales. *Enseñanza de las Ciencias*, 6(2), 156-160.

- Contreras, M., Escalona, J., & Bianchi, G. (2013). Dificultades de aprendizaje sobre sistemática biológica en estudiantes de educación. IX Congreso Internacional sobre Investigación en Didáctica de las Ciencias. *Revista Enseñanza de las Ciencias*, número extra, 808-812.
- Cooper, R., Loughran, J., & Berry, A. (2015). PCK: Understanding sophisticated practice. En Berry, A., Friedrichsen, P. & Loughran, J., *Re-examining pedagogical content knowledge in science education*. New York: Routledge.
- Cortés, R., Molina, A., & Melo, N. (2014). Importancia de los intereses e inquietudes de los estudiantes como alternativa didáctica: el caso del mareamiento informacional bibliográfico del embarazo precoz en la especialización en educación sexual, Universidad Distrital FJC. Sexto Congreso Internacional sobre Formación de Profesores de Ciencias. *Revista Tecné, Episteme y Didaxis*, número extraordinario, 250-257.
- Cubero, R. (1989). *Cómo trabajar con las ideas de los alumnos*. Sevilla: Díada.
- Cubero, R. (1996). *Concepciones de los alumnos y cambio conceptual. Un estudio longitudinal sobre el conocimiento del proceso digestivo en Educación Primaria*. (Tesis inédita). Universidad de Sevilla.
- Cubero, R. (2005). *Perspectivas constructivistas. La intersección entre el significado, la interacción y el discurso*. Barcelona: Grao.
- Cubillos, G. (2003). *Introducción al pensamiento químico*. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia.
- Cubillos, G., Poveda, F., & Villaveces, J. (1989). *Hacia una historia epistemológica de la química*. Bogotá: Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales.
- De Jong, O., & Van Driel, J. (2001). The development of prospective teachers' concerns about teaching chemistry topics at a macro-micro-symbolic interface. En H. Behrendt, H. Dahncke, R. Duit, W. Graeber, M. Komorek & A. Kross (Eds.), *Research in Science Education - Past, Present, and Future* (pp. 271-277). Dordrecht, The Netherlands: Kluwer Academic Publishers.
- De Jong, O., Acampo, J., & Verdonk, A. (1995). Problems in teaching the topic of redox-reactions: Actions and conceptions of chemistry teachers. *Journal of Research in Science Teaching*, 32(10), 1097-1110.

- De Melo, S. (1999). *El papel de la resolución de problemas en la enseñanza/aprendizaje de las ciencias: concepciones y prácticas de profesores con y sin experiencia en la docencia*. (Tesis doctoral). Universidad de Huelva.
- Delgado, J., & Díaz, L. (2014). Teoría cognitiva de los modelos mentales físicos de Johnson Laird en el aprendizaje de la microbiología con respecto a los conceptos esterilizante, desinfectante y antiséptico con relación al control de microorganismos. Sexto Congreso Internacional sobre Formación de Profesores de Ciencias. *Revista Tecné, Episteme y Didaxis*, número extraordinario, 2268-2292.
- Díaz-Moreno, N., Jiménez-Liso, M. (2013). Análisis como controversia sociocientífica del tema del agua en prensa local para su utilización en el aula. IX Congreso Internacional sobre Investigación en Didáctica de las Ciencias. *Revista Enseñanza de las Ciencias*, número extra, 1056-1060.
- Diego-Rasilla, F. (2004). El método científico como recurso pedagógico en el bachillerato: haciendo ciencia en la clase de biología. *Pulso: Revista de Educación*, 27, 111-118.
- Driver, R. (1992). Más allá de las apariencias: la conservación de la materia en las transformaciones de física y química. En R. Driver, E. Guesne & A. Tiberghien, *Ideas científicas en la infancia y la adolescencia*. Madrid: Morata, 2.ª ed. (Título original: *Children's ideas in science*, Open University Press, 1985).
- Driver, R., Asoko, H., Leach, J., Mortimer, E., & Scott, P. (1994). Constructing scientific knowledge in the classroom. *Educational Researcher*, 23(7), 5-12.
- Driver, R., & Easley, J. (1978). Pupils and paradigms: A review of literature related to concept development in adolescent science studies. *Studies in Science Education*, 5, 61-84.
- Driver, R., Guesne, E., & Tiberghien, A. (1992). *Ideas científicas en la infancia y la adolescencia*. Madrid: Morata/MEC, 2.ª ed. (Título original: *Children's ideas in science*, Open University Press, 1985).
- Duffee, L & , G. (1992). Curriculum change, student evaluation, and teacher practical knowledge. *Science Education*, 76(5), 493-506.

- Edens, K. M., & Potter, E. F. (2003). Using descriptive drawings as a conceptual change strategy in elementary science. *School Science and Math Journal*, 103(3), 135-144.
- Elbaz, F. (1981). The teachers' practica' knowledge: report of a case study. *Curriculum Inquiry*, 11(1), 43-71.
- Elbaz, F. (1983). *Teacher thinking: A study of practical knowledge*. New York: Nichols.
- Erickson, G., & Tiberghien, A. (1992). Calor y temperatura. En R. Driver et al., *Ideas científicas en la infancia y la adolescencia*. Madrid: Morata, 2.<sup>a</sup> ed. (Título original: *Children's ideas in science*, Open University Press, 1985).
- Fals Borda, O. (1981). *Ciencia propia y colonialismo intelectual*, 5.<sup>a</sup> ed. Bogotá: Carlos Valencia Editores.
- Fenstermacher, G. (1994). The knower and the known: The nature of knowledge in research on teaching. En L. Darling-Hammond (Ed.), *Review of Research in Education* (pp. 3-56).
- Fenstermacher, G. (1997). Tres aspectos de la filosofía de la investigación sobre la enseñanza. En Wittrock (Comp.), *La investigación de la enseñanza, I. Enfoques, teorías y métodos*, 2.<sup>a</sup> ed. Barcelona: Ministerio de Educación. (Título original: *Handbook of research on teaching*, 1986).
- Fernández, I., Gil, D., Carrascosa, J., Cachapuz, A., & Praia, J. (2002). Visiones deformadas de la ciencia transmitidas por la enseñanza. *Enseñanza de las Ciencias*, 20(3), 477-488.
- Fernández, J. (2012). *La construcción del conocimiento sobre la gestión y la contaminación del agua. Concepciones del alumnado de 1.º de Bachillerato*. (Tesis Doctoral). Universidad de Sevilla. Recuperado de <http://fondosdigitales.us.es/tesis/tesis/1886/la-construccion-del-conocimiento-sobre-la-gestion-y-la-contaminacion-del-agua-concepciones-del-alumnado-de-primero-de-bachillerato/>
- Fernández, J., & Solís, E. (2011). El agua como recurso para investigar en el aula. Una investigación en la asignatura de ciencias para el mundo contemporáneo. *Revista Investigación en la Escuela*, 75, 49-61.
- Fischer, Borowski, & Tepner (2012). El conocimiento profesional de los docentes de ciencias. En B. J. Fraser, K. G. Tobin & C. J. McRobbie

(Eds.), *The International Handbook of Research in Science Education*, 2.<sup>a</sup> ed. Dordrecht: Springer Verlag.

Flórez, G., Velásquez, J., & Tamayo, O. (2011). Concepciones de enseñanza en profesores de ciencias de la ciudad de Manizales desde el concepto de conocimiento pedagógico del contenido. *Revista Perspectivas Educativas*, 4, 17-32.

Fonseca, G. (2011). El conocimiento didáctico del contenido del concepto de biodiversidad en profesores en formación de biología. Un estudio de caso desde el diseño de una unidad didáctica. *Bio-grafía, escritos sobre la Biología y su enseñanza. Memorias del I Congreso Nacional de Investigación en Enseñanza de la Biología*. VI Encuentro Nacional de Investigación en Enseñanza de la Biología y la Educación Ambiental, edición extraordinaria, 401-412.

Fortus, D., & Krajcik, J. (2012). Curriculum coherence and learning progressions. En B. J. Fraser, K. G. Tobin & C. J. McRobbie (Eds.), *The International Handbook of Research in Science Education*, 2.<sup>a</sup> ed.). Dordrecht: Springer Verlag.

Fraser, J., & Tobin, K. (Eds.) (1998). *International Handbook of Science Education*. London: Kluwer Academic Publishers.

Fraser, J., Tobin, K., Campbell, & McRobbie, C. (Eds.) (2012). *The International Handbook of Research in Science Education*, 2.<sup>a</sup> ed. Dordrecht: Springer Verlag.

Frederik, I., Van der Valk, T., Leite, L., & Thorén, I. (1999). Pre-service physics teachers and conceptual difficulties on temperature and heat. *European Journal of Teacher Education*, 22(1), 61-74.

Friedrichsen, P. M. (2002). *A substantive-level theory of highly-regarded secondary biology teachers' science teaching orientations*. (Dissertation) Abstracts International, 63, 2496A (AAT3060018).

Friedrichsen, P. M. & Berry (2015). Science teacher PCK learning progressions: Promises and challenges. En A. Berry, P. Friedrichsen & J. Loughran, *Re-examining pedagogical content knowledge in science education*. New York: Routledge.

Furió, C. (1994). Tendencias actuales en la formación del profesorado de ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, 12(2), 188-199.

- Furió, C., Domínguez, C., Azcona, R., & Guisasola, J. (2000). La enseñanza y el aprendizaje del conocimiento químico. En F. Perales & P. Cañal, *Didáctica de las ciencias experimentales. Teoría y práctica de la enseñanza de las ciencias* (pp. 421-448). Alcoy, España: Marfil.
- Furió, C., & Furió, C. (2000). Dificultades conceptuales y epistemológicas en el aprendizaje de los procesos químicos. *Educación Química*, 11(3), 300-308.
- Furió, C., & Ortiz, E. (1983). Persistencia de los errores conceptuales en el estudio del equilibrio químico. *Enseñanza de las Ciencias*, 1(1), 15-20.
- Furió, C., Vilches, A., Guisasola, J., & Romo, V. (2002). Spanish teachers' views of the goals of science education in secondary education. *Research in Science & Technological Education*, 20(1), 39-52.
- Gallagher, J. J. (1987). A summary of research in science education. *Science Education*, 71, 277-284.
- García, E. (1994). El conocimiento escolar como un proceso evolutivo: aplicación al conocimiento de nociones ecológicas. *Investigación en la Escuela*, 23, 65-76.
- García, E. (1998). *Hacia una teoría alternativa sobre los contenidos escolares*. Serie Fundamentos, Colección Investigación y Enseñanza, 8. Sevilla: Díada.
- García, E., & García, F. (1989). *Aprender investigando. Una propuesta metodológica basada en la investigación*, 3.<sup>a</sup> ed. (1995). Sevilla: Díada.
- García, E., & Merchán, J. (1997). El debate de la interdisciplinariedad en la ESO: el referente metadisciplinar en la determinación del conocimiento escolar. *Investigación en la Escuela*, 32, 5-26.
- García, F. (1999). *El medio urbano en la educación secundaria obligatoria. Las ideas de los alumnos y sus implicaciones curriculares*. (Tesis doctoral inédita). Universidad de Sevilla.
- García, M. A. (2009). Aportes de la historia de la ciencia a la formación permanente del profesorado universitario. Un caso en el área de la fisicoquímica. Memorias VIII Congreso Internacional sobre Investigación en la Didáctica de las Ciencias. *Revista Enseñanza de las Ciencias*, número extra.

- García, N. (1998). *Culturas híbridas – estratégias para entrar e sair da modernidade*. São Paulo: Edusp.
- Geddis, A. N., Onslow, B., Beynon, C., & Oesch, J. (1993). Transformation content knowledge: learning to teaching about isotopes. *Science Education*, 77(6), 575-591.
- Gil, D.; Carrascosa, J., & Martínez, F. (2000). Una disciplina emergente y un campo específico de investigación. En J. Perales & P. Cañal, *Didáctica de las Ciencias Experimentales*. Alcoy: Marfil.
- Gil, D., & Pessoa, A. (1992). *Tendencias y experiencias innovadoras en la formación del profesorado de ciencias*. Ponencia presentada en el I Taller Subregional sobre Formación y Capacitación Docente en Matemáticas y Ciencias, Caracas, Organización de Estados Iberoamericanos, Proyecto Ibercima.
- Gil-Pérez, D. (1994). Diez años de investigación en didáctica de las ciencias: Realizaciones y perspectivas. *Enseñanza de las Ciencias*, 12, 154-164.
- Gil-Pérez, D. (1996). New trends in science education. *International Journal of Science Education*, 18, 889-901.
- Gilbert, J. K., Osborne, R. J., & Fensham, P. J. (1982). Childrens' science and its consequences for teaching. *Science Education*, 66(4), 623-633.
- Gilbert, J. K., & Watts, D.M. (1983). Concepts, Misconceptions and Alternative Conceptions; Changing Perspectives in Science Education. *Studies in Science Education*, 10, 61-98.
- Gilroy, P. (1993). El conocimiento profesional y el profesor principiante. En W. Carr (Comp.), *Calidad de la enseñanza e investigación-acción*. Sevilla: Díada.
- Giordan, A. (1978). *Une pédagogie pour les sciences expérimentales*. Paris: Centurion.
- Giordan, A. (1985a). Interés didáctico de los errores de los alumnos. *Enseñanza de las Ciencias*, 3(1), 11-17.
- Giordan, A. (1985b). *La enseñanza de las ciencias*, 2.ª ed. (en español). Madrid: Siglo XXI. Título original: *Une pédagogie pour les sciences expérimentales*. Paris: Centurion).

- Giordan, A. & De Vecchi, G. (1995). *Los orígenes del saber. De las concepciones personales a los conceptos científicos*. Sevilla: Díada.
- Goodson, I. (1991). La construcción social del *curriculum*, posibilidades y ámbitos de investigación de la historia del *curriculum*. *Revista de Educación*, 295, 7-37.
- Grossman, P. (1990). *The making of a teacher. Teacher Knowledge and teacher Education*. New York: Columbia University.
- Grupo Investigación en la Escuela (1991). Proyecto curricular "Investigación y renovación escolar", IRES, vol. I: *El modelo didáctico de investigación en la escuela*, vol. II: *El marco curricular*, vol. III: *El currículo para la formación permanente del profesorado*, vol. IV: *Investigando nuestro mundo*. Sevilla: Díada.
- Guba, E., & Lincoln, I. (1994). El paradigma constructivista. (Trad. F. Bustos). En *Constructivismo*. Universidad Santiago de Cali. (Título original: What Is This Constructivist Paradigm Anyway? En *Fourth Generation Evaluation*, 1989). Newbury Park: Sage Publications).
- Guesne, E. (1992). *Ideas científicas en la infancia y la adolescencia*. España: Morata.
- Gunstone, R., & Watts, M. (1992). Fuerza y movimiento. En R. Driver, F. Guesne & A. Tiberghien. *Ideas científicas en la infancia y la adolescencia*. Madrid: Morata.
- Hamza, K. M., Wickman, & Per-Olof. (2008). Describing and analyzing learning in action: An empirical study of the importance of misconceptions in learning science. *Science Education*, 92, 141-164.
- Harlen, W. (1998). Teaching for understanding in pre-secondary science. En B. J. Fraser & K. G. Tobin (Ed.), *International handbook of Science Education*, 183-197. Dordrecht, Netherlands: Kluwer Academic Press .
- Hashweh, M. Z. (1996). Effects of science teachers' epistemological beliefs in teaching. *Journal of Research in Science Teaching*, 33(1), 47-63.
- Hashweh, M. Z. (2005). Teacher pedagogical constructions: a reconfiguration of pedagogical content knowledge. *Teachers and Teaching: theory and practice*, 11(3), 273-292.

- Hatano, G., & Inagaki, K. (2003). When is conceptual change intended? A cognitive-sociocultural view. En G. M. Sinatra & P. R. Pintrich (Eds.), *Intentional conceptual change* (pp. 407-427). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Helm, H. (1980). Misconceptions in physics amongst South African students. *Physics Education*, 15, 92-97.
- Henao, H., & Castro (2001). *Estados del arte de la investigación en educación y pedagogía en Colombia*. Bogotá: Icfes, Colciencias, Socolpe.
- Hernández, C. (2001). Aproximación a un estado del arte de la enseñanza de las ciencias en Colombia, año 1999. En H. Henao y Castro (Comps.), *Estado del arte de la investigación en educación y pedagogía en Colombia, 1989-1999*, t. II. Bogotá: Icfes, Colciencias, Socolpe.
- Hirvonen, P. E., & Viiri, J. (2002). Physics student teachers' ideas about the objectives of practical Works. *Science & Education*, 11, 305-316.
- Hodson, D. (1987). Social control as a factor in science curriculum charge. *International Journal of Science Education*, 9(5), 529-540.
- Hodson, D. (2003). Time for action: science education for an alternative Future. *International Journal of Science Education*, 25(6).
- Hope, J., & Townsend, M. (1983). Student teachers' understanding of science concepts. *Research in Science Education*, 13, 177-184.
- Host, V. (1978). *Evolution du contenu biologique de l'enseignement primaire et du premier cycle secondaire*. Unesco (New Trends).
- Houston, J. (1975). The Effects of Verbal Style in Physics Teachingn. *Phys. Educ.*, 10, 38-41.
- Iwasyk, M. (1997). Kids questioning kids: 'Experts' sharing. *Science and Children*, 34(8), 42-46.
- Izquierdo, M. (1988). La contribución de la teoría del flogisto a la estructuración actual de la ciencia química. Implicaciones didácticas. *Revista Enseñanza de las Ciencias*, 6(1), 67-74.

- Izquierdo, M. (2005). Hacia una teoría de los contenidos escolares. *Revista Enseñanza de las Ciencias*, 23(1), 111-122.
- Jackson, P. H. (1968). *Life in classrooms*. New York: Holt, Rinehart and Winston. (Trad. *La vida en las aulas*, 1978). Madrid: Marova.
- Jiménez, F., Molina, F., & Carriazo, J. (2014). Exploración de las concepciones sobre ácidos y bases en estudiantes de grados octavo y noveno de secundaria. Sexto Congreso Internacional sobre Formación de Profesores de Ciencias. *Revista Tecné, Episteme y Didaxis*, número extraordinario, 1276-1284.
- Jiménez, M. (2013). *La configuración del conocimiento del profesor principiante de ciencias naturales, en la inserción profesional*. (Tesis doctoral inédita). Universidad de Antioquia.
- Jones, M., & Carter, G. (1998). Small groups and shared constructions. En J. Mintzes, J. Wandersee & J. Novak (Eds.), *Teaching science for understanding* (pp. 261-279). San Diego: Academic Press.
- Jurado, R., & Parga, D. (2009). Conocimiento didáctico del contenido curricular en química: la selección de contenidos para enseñar el concepto de estructura química orgánica. 4.º Congreso Internacional sobre Formación de Profesores de Ciencias. *Tecné, Episteme y Didaxis*, número extraordinario, 134-139.
- Justi, R., & Gilbert, J. (2002). Models and modelling in chemical education. En G. de Jong & J. Treagust, *Chemical Education: Towards Research-based practice*. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.
- Kelly, G. (2014). Discourse practices in science learning and teaching. En Lederman & Abell, *Handbook of Research on science education* 2, 321-336.
- Kemmis, S., & Mactaggart, R. (2013). La investigación-acción participativa. La acción comunicativa y la esfera pública. En N. Denzin & I. Lincoln, *Manual de investigación cualitativa*. España: Gedisa.
- Keogh, B., & Naylor, S. (1999). Concept cartoons, teaching and learning in science: an evaluation. *International Journal of Science Education*, 21(4), 431-446.

- Keys, C. W., & Bryan, L. A. (2001). Co-constructing inquiry-based science with teachers: Essential research for lasting reform. *Journal of Research in Science Teaching*, 38(6), 631-645.
- Kind, V. (2009). Pedagogical Content Knowledge in science education: potential and perspectives for progress. *Studies in Science Education*, 45(2), 169-204.
- King, V. (2015). On the beauty of knowing then not knowing. En A. Berry, P. Friedrichsen & J. Loughran (Eds.), *Re-examining Pedagogical Content Knowledge in Science Education* (pp. 178-195). New York: Routledge.
- Kroath, F. (1989). How do teachers change their practical theories? *Cambridge Journal of Education*, 19(1), 55-64.
- Lacosta, I., Sánchez, M., & Fernández, R. (2006). Los conocimientos de los alumnos de secundaria sobre los fenómenos de contaminación de las aguas. XXII Encuentros de Didáctica de las Ciencias Experimentales, Universidad de Zaragoza, España.
- Lanier, J., & Little, K. (1986). *Research on teacher education*. En M. Wittrock (Ed.), *Handbook of research on teaching*, 3.<sup>a</sup> ed. New York: MacMillan Publishing.
- Layton, D. (1973). *Science for the People*. Londres: George Allen and Unwin.
- Lederman, G., & Abell, S. (2014). *Handbook of Research on Science Education*, vol. II. New York: Routledge.
- Lederman, N. (2007). Nature of science: Past, present, and future. En S. Abell & N. Lederman, *Handbook of Research on Science Education*. London: Lawrence Erlaum Associates Publishers.
- Leinhardt, G., & Greeno, J. (1986). The cognitive skill of teaching. *Journal of Educational Psychology*, 78(2), 75-95.
- Leinhardt, G., & Smith, D. A. (1985). Expertise in mathematics instruction: subject matter knowledge. *Journal of Educational Psychology*, 77, 247-271.
- Lemke, J. L. (2006). Investigar para el futuro de la educación científica: nuevas formas de aprender, nuevas formas de vivir. *Enseñanza de las Ciencias*, 24, 5-12.

- Llancaqueo, A., Lebrecht, W., & Jiménez-Gallardo (2013). Comunicación progresividad del aprendizaje de fuerza y energía mecánica. IX Congreso Internacional sobre Investigación en Didáctica de las Ciencias. *Revista Enseñanza de las Ciencias*, número extra, 2047-2052.
- Lopes, A. (2005). Discursos curriculares na disciplina escolar química. *Ciência & Educação*, 11(2), 263-278.
- Lopes, A. (2007). *Currículo e epistemologia*. Ijuí: Unijuí.
- Lopes, A. (2008). Articulaciones en las políticas de currículo. *Perfiles Educativos*, vol. XXX, 120, 63-78.
- Lopes, A. (2014). Diálogos curriculares. En A. Lopes & A. de Alba (2014). *Diálogos curriculares entre Brasil e México*. Río de Janeiro: EdUERJ Editora de Universidad Estado Río de Janeiro.
- Lopes, A., & De Alba, A. (2014). *Diálogos curriculares entre Brasil e México*. Río de Janeiro: EdUERJ Editora de Universidad Estado Río de Janeiro.
- López, I. (1994). El pensamiento del profesor sobre el conocimiento de los alumnos. *Investigación en la Escuela*, 22, 59-66.
- Loughran, J. J. (2014). How do we develop robust, well-designed instruments and protocols for assessing PCK. En *PCK Summit Forum V. Developing Instruments for assessing PCK*. Recuperado de <https://www.youtube.com/watch?v=6ryxvJ82gfU>
- Loughran, J. J., Berry, A., & Mulhall, P. (2006). *Understanding and developing science teachers' pedagogical content knowledge*. Rotterdam: Sense Publishers.
- Lucio, R. (1989). Educación y pedagogía, enseñanza y didáctica: diferencias y relaciones. *Revista de la Universidad de la Salle*, 17, 35-46.
- Madgenzo, A. (1986). *Curriculum y cultura en América Latina*. Chile: Programa Interdisciplinario de Investigaciones en Educación.
- Magnusson, S. J., Boyle, R. A., & Templin, M. (1994). Conceptual Development: Re-examining knowledge construction in science. Paper presented at The annual meeting of the American Educational Research Association, New Orleans, LA.

- Magnusson, S., Krajcik, J., & Borko, H. (1999). Nature, Sources, and Development of Pedagogical Content Knowledge for Science Teaching. En J. Gess-Newsome & N. Lederman (Eds.), *Examining Pedagogical Content Knowledge. The Construct and its Implications for Science Education* (pp. 95-132). Dordrecht, Boston, London: Kluwer Academic Publishers.
- Márquez, C. (2002). *La comunicació multimodal en l'ensenyament del cicle de l'aigua*. (Tesis doctoral). Universitat Autònoma de Barcelona.
- Marrero, J. (1994). Las teorías implícitas del profesorado: vínculo entre la cultura y la práctica de la enseñanza. En M. J. Rodrigo, A. Rodríguez & J. Marrero (Eds.). *Las teorías implícitas. Una aproximación al conocimiento cotidiano*. Madrid: Visor.
- Martín del Pozo, R. (1994). *El conocimiento del cambio químico en la formación inicial del profesorado. Estudio de las concepciones disciplinares y didácticas de los estudiantes de magisterio*. (Tesis doctoral inédita). Universidad de Sevilla.
- Martín del Pozo, R. (1998). La formación inicial de maestros sobre los contenidos escolares. El caso del cambio químico. *Investigación en la Escuela*, 35, 21-32.
- Martín del Pozo, R. (2007). *Aprender para enseñar ciencias en Primaria. Una propuesta para la formación del profesorado*. Sevilla: Díada.
- Martín del Pozo, R., Rivero, A., & Azcárate, P. (2014). Las concepciones de los futuros maestros sobre la naturaleza, cambio y utilización didáctica de las ideas de los alumnos. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 11(3), 348-363.
- Martinand, J.-L. (1981). Pratiques sociales de référence et compétences techniques. A propos d'un projet d'initiation aux techniques de fabrication mécanique en classe de quatrième. En A. Giordan (Coord.), *Diffusion et appropriation du savoir scientifique: enseignement et vulgarisation* (pp. 149-154). Actes des Troisièmes Journées Internationales sur l'Education Scientifique. París: Université Paris 7.
- Martinand, J.-L. (1996). D'oii est venue la Didactique? *Educations*, enero-febrero, 22-25.

- Martínez, C. (1991). *Una estrategia pedagógica basada en la investigación del medio para el aprendizaje del concepto de oxidación*. (Tesis de maestría en Docencia de la Química). Bogotá: Universidad Pedagógica Nacional.
- Martínez, C. (1998). El grupo de investigación en la escuela. *Revista Educación y Pedagogía*, 21, 239-244. Recuperado de <http://aprendeenlinea.udea.edu.co/revistas/index.php/revistaey/article/viewArticle/6769>
- Martínez, C. (2000). *Las propuestas curriculares sobre el conocimiento escolar en el área de conocimiento del medio: dos estudios de caso en profesores de Primaria*. (Tesis Doctoral). Sevilla: Universidad de Sevilla.
- Martínez, C. (2005a). *Las propuestas de conocimiento escolar en los inicios del aprendizaje de la química: un estudio de caso en las clases de ciencias en sexto grado de Educación Primaria*. Ibagué: Universidad del Tolima, Centro de Investigaciones.
- Martínez, C. (2005b). De los contenidos al conocimiento escolar en las clases de ciencias. *Revista Educación y Pedagogía*, 43(XVII), 151-159.
- Martínez, C. (2009). El conocimiento profesional de los(as) profesores(as) de ciencias: algunos aspectos centrales en el desarrollo de la línea de investigación. *Revista Científica*, 11, 15-23. Recuperado de <http://revistas.udistrital.edu.co/ojs/index.php/revcie/article/viewFile/412/641>
- Martínez, C. (2013). El conocimiento del profesor de ciencias, una disyuntiva entre el conocimiento científico y el conocimiento escolar. En Martínez y Valbuena (Comps.), *Conocimiento profesional del profesor de ciencias de Primaria y conocimiento escolar*. Bogotá: Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Recuperado de [http://die.udistrital.edu.co/publicaciones/conocimiento\\_profesional\\_profesores\\_ciencias\\_sobre\\_conocimiento\\_escolar\\_resultados](http://die.udistrital.edu.co/publicaciones/conocimiento_profesional_profesores_ciencias_sobre_conocimiento_escolar_resultados)
- Martínez, C. (2016). *El conocimiento profesional del profesor(a) de ciencias de Primaria sobre el conocimiento escolar: dos estudios de caso, en aulas vivas y aulas hospitalarias del Distrito Capital de Bogotá*. Bogotá: Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Recuperado de [http://die.udistrital.edu.co/publicaciones/el\\_conocimiento\\_profesional\\_de\\_los\\_profesores\\_de\\_ciencias\\_sobre\\_el\\_conocimiento](http://die.udistrital.edu.co/publicaciones/el_conocimiento_profesional_de_los_profesores_de_ciencias_sobre_el_conocimiento)

- Martínez, C., Calderón, A., & Guzmán, G. (2005). Educación, pedagogía y didáctica en la escuela: encuentros y desencuentros. *Lúdica Pedagógica*, 2(10), 113-120.
- Martínez, C., & Jirón, M. (2012). La investigación sobre el conocimiento profesional de los profesores de Primaria en ciencias: una revisión. *Revista EDUCyT*, vol. extraordinario, Diciembre. Recuperado de [http://die.udistrital.edu.co/sites/default/files/doctorado\\_ud/publicaciones/investigacion\\_sobre\\_conocimiento\\_profesores\\_primaria\\_en\\_ciencias\\_una\\_revision.pdf](http://die.udistrital.edu.co/sites/default/files/doctorado_ud/publicaciones/investigacion_sobre_conocimiento_profesores_primaria_en_ciencias_una_revision.pdf)
- Martínez, C., & Jirón, M. (2014). La investigación sobre el conocimiento profesional de los profesores de Primaria en ciencias y el conocimiento escolar: una revisión (parte II). *Revista Tecné, Episteme y Didaxis*, número extraordinario, 68-87. Recuperado de <http://revistas.pedagogica.edu.co/index.php/TED/article/view/3366>
- Martínez, C., & Martínez, V. (2012). El conocimiento escolar y las hipótesis de progresión: algunos fundamentos y desarrollos. *Revista Nodos y Nudos*, 32, 50-63. Recuperado de <http://revistas.pedagogica.edu.co/index.php/NYN/article/view/1799>
- Martínez, C., & Molina, A. (2011). La especificidad del conocimiento profesional y del conocimiento escolar en las clases de ciencias: algunas relaciones con la cultura. *Revista EDUCyT*, 2, 35-57. Recuperado de <http://sociedadyeconomia.univalle.edu.co/index.php/educyt/article/view/1842>
- Martínez, C., Reyes, D., & Molina, A. (2010). Conocimiento escolar en la didáctica de las ciencias: una aproximación al problema EDUCyT. II Congreso Nacional de Investigación en Educación en Ciencias y Tecnología. Cali, Universidad del Valle. Recuperado de [http://www.educyt.org/portal/images/stories/ponencias/sala\\_9/9conocimiento\\_escolar\\_en\\_la\\_didactica\\_de\\_las\\_ciencias\\_una\\_aproximacion\\_al\\_problema.pdf](http://www.educyt.org/portal/images/stories/ponencias/sala_9/9conocimiento_escolar_en_la_didactica_de_las_ciencias_una_aproximacion_al_problema.pdf)
- Martínez, C., & Valbuena, E. (2013). La complejidad del conocimiento profesional de las profesoras de ciencias de Primaria. En C. Martínez-Rivera & E. Valbuena (Comps.). *El conocimiento profesional de los profesores de ciencias sobre el conocimiento escolar: resultados de investigación*. Bogotá: Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Recuperado de [http://die.udistrital.edu.co/publicaciones/conocimiento\\_profesional\\_del\\_profesor\\_ciencias\\_primaria\\_y\\_conocimiento\\_escolar](http://die.udistrital.edu.co/publicaciones/conocimiento_profesional_del_profesor_ciencias_primaria_y_conocimiento_escolar)

- McComas (1998). The principal elements of the nature of science: dispelling the myths. En McComas (ed.), *The Nature of Science in Science Education*. Netherlands: Kluwer Academic Publishers.
- Medeiros, R., & Castells, M. (2013). Argumentos, valores, crenças e conhecimento científico de estudantes de ensino médio do Brasil que discutem questões sociais controvertidas. IX Congreso Internacional sobre Investigación en Didáctica de las Ciencias. *Revista Enseñanza de las Ciencias*, número extra, 967-972.
- Mellado, V., & González, T. (2000). La formación inicial del profesorado de ciencias. En F. Perales & P. Cañal (Comps.), *Didáctica de las ciencias experimentales*. Alcoy: Marfil.
- Molina, A., Mosquera, C., Utges, G., Mojica, L., Cifuentes, C., Reyes, D., Martínez, C., et al. (2014). *Concepciones de los profesores sobre el fenómeno de la diversidad cultural y sus implicaciones en la enseñanza de las ciencias*. Bogotá: Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Recuperado de [http://die.udistrital.edu.co/publicaciones/concepciones\\_profesores\\_sobre\\_fenomeno\\_diversidad\\_cultural\\_y\\_sus\\_implicaciones\\_en](http://die.udistrital.edu.co/publicaciones/concepciones_profesores_sobre_fenomeno_diversidad_cultural_y_sus_implicaciones_en)
- Mora, W. (2011). *La inclusión de la dimensión ambiental en la educación superior: un estudio de caso en la Facultad de Medio Ambiente de la Universidad Distrital en Bogotá*. (Tesis Doctoral). Sevilla: Universidad de Sevilla.
- Moreira (2005). Una visión toulminiana respecto a la disciplina. Investigación básica en educación en ciencias: el rol del foro institucional. *Revista Ciencia & Educación*, 11(2), 181-190.
- Morín, E. (2000). Los siete saberes necesarios para la educación del futuro. Conferencia en el ciclo "La educación que queremos", Fundación Santillana. Recuperado de [www.santillana.es](http://www.santillana.es).
- Morrison, J. A., & Lederman, N. G. (2003). Science teachers' diagnosis and understanding of students' preconceptions. *Sci. Ed.*, 87, 849-867.
- Mosquera, C. J. (2008). *El cambio en la epistemología y en la práctica docente de profesores universitarios de Química*. (Tesis Doctoral). Valencia: Universidad de Valencia.

- Mosquera, C., Mora, W., & García, A. (2003). *Conceptos fundamentales de la química y su relación con el desarrollo profesional del profesorado*. Bogotá: Universidad Distrital Francisco José de Caldas.
- Mosquera, J., & Amórtegui, E. (2014). Aproximación a las concepciones del concepto evolución humana en estudiantes de octavo grado de la Institución Educativa José Eustasio Rivera. Sexto Congreso Internacional sobre Formación de Profesores de Ciencias. *Revista Tecné, Episteme y Didaxis*, número extraordinario, 2326-2334.
- Motta, J.; Castillo, G., & Amórtegui, E. (2014). Aproximación a las concepciones del concepto mutación en estudiantes de noveno grado del Instituto Nacional de Educación Media, Inem. Sexto Congreso Internacional sobre Formación de Profesores de Ciencias. *Revista Tecné, Episteme y Didaxis*, número extraordinario, 1720-1725.
- Niño, L. (1999). La formación de educadores en Colombia. En *Colombia, pedagogía y saberes*, vol. 12. Bogotá: Universidad Pedagógica Nacional de Colombia.
- Novak, J. D. (1977). *A Theory of Education*. Ithaca, NY: Cornell University Press.
- Nussbaum, J. (1981). Towards a diagnosis by science teachers of pupils' misconceptions: An exercise with student teachers. *International Journal of Science Education*, 3(2), 159-169.
- Nussbaum, J. (1992). La constitución de la materia como conjunto de partículas en la fase gaseosa. En R. Driver, E. Guesne & A. Tiberghien (1992). *Ideas científicas en la infancia y la adolescencia*, 2.<sup>a</sup> ed. Madrid: Morata. (Título original: *Children's ideas in science*, Open University Press, 1985).
- O'Brien, P., Huether, C., & Phillibert, S. (1978). Teacher Knowledge and use of population education materials: Report from national surveys. *Science Education*, 62, 429-442.
- Ofsted (2008). Office for Standards in Education, Children's Services and Skills. TellUs3: national report. Recuperado de <http://www.ofsted.gov.uk/resources/tellus3-national-report>
- Osborne, R. J. (1980). Some aspects of the students' view of the world. *Research in Science Education*, 10(1), 11-18.

- Park, E., Light, G., Swarat, S., Denise, D. (2009). Understanding Learning Progression in Student Conceptualization of Atomic Structure by Variation Theory For Learning. Paper Presented at the Learning Progressions in Science (Leaps) Conference, June 2009, Iowa City, I.A, 1-14.
- Perafán, G. (2004). *La epistemología del profesor sobre su propio conocimiento profesional*. Bogotá: Universidad Pedagógica Nacional.
- Perafán, G., Reyes, L., & Salcedo, L. (2001). *Acciones y creencias, II. Análisis e interpretación de creencias de docentes en física*. Bogotá: Universidad Pedagógica Nacional.
- Perafán, G., & Tinjacá, F. (2012.) El conocimiento profesional específico del profesorado de química asociado a la noción de nomenclatura química. *Revista EDUCyT*, vol. extraordinario, 147-162.
- Perales, J., & Cañal, P. (2000). *Didáctica de las ciencias experimentales*. Alcoy: Marfil.
- Pérez, A., & Gimeno, J. (1988). Pensamiento y acción en el profesor: de los estudios sobre la planificación al pensamiento práctico. *Infancia y Aprendizaje*, 42, 37-63.
- Pérez, L., & Jiménez-Pérez, R. (2013). Dificultades del aprendizaje de la materia en Educación Primaria. Un estudio de caso. IX Congreso Internacional sobre Investigación en Didáctica de las Ciencias. *Revista Enseñanza de las Ciencias*, número extra, 2774-2778.
- Peterson, R., & Treagust, D. (1995). Developing preservice teachers' pedagogical reasoning ability. *Research in Science Education* 25, 291-305.
- Piaget, J., & Inherdel, B. (1967). *Génesis de las estructuras lógicas elementales. Clasificaciones y seriaciones*. Argentina: Guadalupe.
- Piaget, J., & Inherdel, B. (1985). *De la lógica del niño a la lógica del adolescente. Ensayo sobre la construcción de las estructuras operatorias formales*. Buenos Aires: Paidós.
- Pine, K., Messer, D. J., & St John, K. (2001). Children's misconceptions in primary science: A survey of teachers' views. *Research in Science and Technological Education*, 19(1), 79-96.

- Piza, K., & Peña, S. (2014). Representaciones sociales de ambiente presentes en estudiantes de licenciatura en Biología de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Memorias, Sexto Congreso Internacional sobre Formación de Profesores de Ciencias, *Revista Tecné, Episteme y Didaxis*, número extraordinario, 1527-1534.
- Pope, M. (1985). Theories of learning: Kelly. En R. Osborne, & J. K. Gilbert (Eds.), *Some issues of theory in science education*. University of Waikato, Science Education Research Unit.
- Pope, M., & Scott, E. (1983). Teachers' epistemology and practice. En R. Halkes & J. K. Olson, *Teacher thinking: a new perspective on persisting problems in education*. Lise: Swets and Zeitlinger. (Traducción en español: La epistemología y la práctica de los profesores. En R. Porlán, J. E. García & P. Cañal, *Constructivismo y enseñanza de las ciencias*. Sevilla: Díada, 1988).
- Porlán, R. (1989). *Teoría del conocimiento, teoría de la enseñanza y desarrollo profesional. Las concepciones epistemológicas de los profesores*. (Tesis doctoral). Sevilla: Universidad de Sevilla.
- Porlán, R. (1998). Pasado, presente y futuro de la didáctica de las ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, 16(1), 175-185.
- Porlán, R., Martín del Pozo, R., Rivero, A., Harres, J., Azcárate, P., & Pizzato, M. (2011). El cambio del profesorado de ciencias II: itinerarios de progresión y obstáculos en estudiantes de magisterio. *Enseñanza de las Ciencias*, 29(3), 353-370.
- Porlán, R., & Rivero, A. (1998). *El conocimiento de los profesores*. Sevilla: Díada.
- Porlán, R., Rivero, A., & Martín del Pozo, R. (1997). Conocimiento profesional y epistemología de los profesores I: Teoría, métodos e instrumentos. *Enseñanza de las Ciencias*, 15(2), 155-173.
- Porlán, R., Rivero, A., & Martín del Pozo, R. (2000). El conocimiento del profesorado sobre la ciencia, su enseñanza y aprendizaje. En F. Perales & P. Cañal (Comps.), *Didáctica de las ciencias experimentales*. Alcoy: Marfil.
- Pozo, J., & Gómez, M. (1998). *Aprender y enseñar ciencia. Del conocimiento cotidiano al conocimiento científico*. Madrid: Morata.

- Pozo, J. I., Pérez, M. P, Sanz, A., & Limón, M. (1992) Las ideas de los alumnos sobre la ciencia como teorías implícitas. *Infancia y Aprendizaje*, 57, 3-22.
- Pozo, J., Gómez, M., Limón, M., & Sanz, A. (1991). *Procesos cognitivos en la comprensión de la ciencia: las ideas de los adolescentes sobre la química*. Madrid: Ministerio de Educación y Ciencia.
- Prieto, T., Blanco, A., & González, F. (2000). *La materia y los materiales*. Madrid: Síntesis Educación.
- Quintanilla, M. (2000). Filosofía de la tecnología, técnica y cultura. *Teorema*, XVII(3).
- Richardson, V. (1990). Significant and Worthwhile Change in Teaching Practice. *Educational Research*, 10-18.
- Rivero, A. (1996). *La formación permanente del profesorado de ciencias de la Educación Secundaria Obligatoria: un estudio de caso*. (Tesis Doctoral inédita). Sevilla: Universidad de Sevilla.
- Red IRES (s. f.). *Doce compromisos profesionales para una nueva educación*. Recuperado de [http://www.redires.net/?q=12\\_compromisos](http://www.redires.net/?q=12_compromisos)
- Reyes, D. (2014). *El conocimiento didáctico del contenido en el profesor de física en formación inicial: el caso de la enseñanza del campo eléctrico*. (Tesis de doctorado en Educación), Universidad Distrital Francisco José de Caldas.
- Reynolds, A. (1992). What Is Competent Beginning Teaching? A Review of the Literature. *Review of Educational Research*, 62(1), 1-35.
- Resnick, L. B. (1983). Mathematics and science learning: A new conception. *Science*, 220, 477-478.
- Rodrigo, M., & Arnay, J. (Comps.) (1997). *La construcción del conocimiento escolar*. Barcelona: Paidós.
- Rodríguez-Marín, F., Fernández-Arroyo, J., García, E. (2014). Las hipótesis de transición como herramienta didáctica para la educación ambiental. *Revista Enseñanza de las Ciencias*, 32(3),303-318.
- Rollnick, M., Bennett, J., Rhemtula, M., Dharsey, N., & Ndlovu, T. (2008). The place of subject matter knowledge in pedagogical content knowledge: a case study of South African teachers teaching the

amount of substance and chemical equilibrium. *International Journal of Science Education*, 30(10), 1365-1387.

Romero, I. (2014). Actitudes hacia las ciencias de los estudiantes de NM1 del colegio San Sebastián de los Andes de la red educa UC. Sexto Congreso Internacional sobre formación de profesores de ciencias. *Revista Tecné, Episteme y Didaxis*, número extraordinario, 218-226.

Ropo, E. (1987). *Teachers' conceptions of teaching and teaching behavior: Some differences between expert and novice teachers*. Paper presented at the Annual Meeting of the American Educational Research Association, Washington, DC.

Salamanca, H. (2014). Test de ideas previas sobre el concepto de mol desde la perspectiva de Vannesa Kina. Sexto Congreso Internacional sobre Formación de Profesores de Ciencias. *Revista Tecné, Episteme y Didaxis*, número extraordinario, 2326-2334.

Sanmartí, N. (1995). *Memoria del proyecto docente e investigador*. Bellaterra: Universitat Autònoma de Barcelona.

Schibeci, R. A. (1981). Do teachers rate science attitude objectives as highly cognitive objectives? *Journal of Research in Science Teaching*, 18, 69-72.

Schneider, M., & Plasman, K. (2011). Science Teacher Learning Progressions: A Review of Science Teachers' Pedagogical Content Knowledge Development. *Review of Educational Research*, 81(4), 530-565.

Schon, D. A. (1987). *Educating the reflective practitioner: Toward a new design for teaching and learning in the professions*. San Francisco: Jossey-Bass.

Schön, D. (1996). La crisis del conocimiento profesional y la búsqueda de una epistemología de la práctica. En M. Pakman (Comp.), *Construcciones de la experiencia humana*, vol I. Barcelona: Gedisa.

Schoon, K. J., & Boone, W. J. (1998). Self-efficacy and alternative conceptions of science of preservice elementary teachers. *Science Education*, 553-568.

- Shulman, L. (1986). Those who understand: Knowledge growth in teaching. *Educational Researcher*, 15(2), 4-14.
- Shulman, L. (1987). Knowledge and Teaching. Foundations of the New Reform. *Harvard Educational Review*, 57(1). (Traducción al español: (2001). Conocimiento y enseñanza. *Estudios Públicos* [2001], 63, 163-196.
- Shulman, L. (1989) *Paradigmas y programas de investigación en el estudio de la enseñanza: una perspectiva contemporánea*, I. Profesores y alumnos. Barcelona: Ministerio de Educación. (Título original: *Handbook of Research on Teaching*).
- Shulman, L. (2015). PCK: Its genesis and exodus. En A. Berry, P. Friedrichsen & J. Loughran (2015), *Re-examining pedagogical content knowledge in science education*. New York: Routledge.
- Shulman, L. S., Sykes, G., D. C. Philips (1983). *Knowledge growth in a profession: the development of knowledge in teaching*. Stanford: Stanford University.
- Sickel, A., Banilower, E., Carlson, J., & Driel, J. (2015). Examining PCK research in the context of current policy initiatives. En A. Berry, P. Friedrichsen, J. Loughran (2015). *Re-examining pedagogical content knowledge in science education*. New York: Routledge.
- Sinatra, G. M., & Pintrich, P. R. (2003). *Intentional conceptual change*. Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates, Inc.
- Smith, C. L., Wiser, M., Anderson, C. W., Krajcik, J., & Coppola, B. (2004). Implications of research on children's learning for standards and assessment: Matter and the atomic molecular theory. Invited paper for the National Research Council committee on Test Design for K-12. *Science Achievement*, Washington, DC, National Research Council.
- Smith, C. L., Wiser, M., Anderson, C. W. & Krajcik, J., (2006). Implications of research on children's learning for standards and assessment: A proposed learning progression for matter and the atomic molecular theory. *Measurement: Interdisciplinary Research and Perspectives*, 4(1&2), 1-98.

- Smith, D. (2000). Content and pedagogical content knowledge for elementary science teacher educators: Knowing our students. *Journal of Science Teacher Education*, 11(1), 27-46.
- Smith, D. M., & Cooper, B. (1967). A study of various techniques in teaching science in the elementary school. *School Science and Mathematics*, 67, 559-566.
- Smith, J. P., Disessa, A. A., & Roschelle, J. (1993). Misconceptions reconceived: A constructivist analysis of knowledge in transition. *The Journal of the Learning Sciences*, 3, 115-163.
- Solano, C., Sánchez, M., & Mosquera, C. (2013). La historia de la química como herramienta para lograr el cambio didáctico de docentes de química en formación inicial. Asociación Colombia para la investigación en Educación en Ciencias y Tecnología, EDUCyT. *Revista EDUCyT*, 7, junio-diciembre.
- Solís, E. (2005). *Concepciones curriculares del profesorado de Física y Química en formación inicial*. (Tesis doctoral inédita). Sevilla: Universidad de Sevilla.
- Soto, C. (1998). El cambio conceptual: una teoría en evolución. *Revista Educación y Pedagogía*, 21, 49-67.
- Talanquer, V. (2008). On cognitive constraints and learning progressions: The case of "structure of matter". *International Journal of Science Education*, 1-14.
- Tamayo, L. (1999). La investigación en educación y pedagogía en Colombia. En *Colombia, Pedagogía y saberes*, fascículo V, 13, 37-47.
- Tamayo, A. O. (2001). *Evolución conceptual desde una perspectiva multidimensional. Aplicación al concepto de respiración*. (Tesis doctoral), Universidad Autónoma de Barcelona.
- Tamayo, A. (2006). El Movimiento Pedagógico en Colombia. Un encuentro de los maestros con la pedagogía. *Revista HISTEDBR* [online], 24, 102-113.
- Taylor, Ph. (1970). *How teacher plan their courses*. Londres: NFER.
- Thijs, G. (1992). Evaluation of an introductory course on "force" considering students' preconceptions. *Science Education*, 76(2), 155-174.

- Torres, R. (1994). Prólogo. En P. Freire (2002). *Cartas a quien pretende enseñar*, 8.<sup>a</sup> ed. México: Siglo XXI.
- Toulmin, S. (1972). *Human Understanding*, vol. I: *The collective use and evolution of concepts*. Princeton: Princeton University Press. (Traducción al español: *La comprensión humana*, vol. I: *El uso colectivo y la evolución de los conceptos*. Madrid: Alianza Editorial, 1977).
- Turner, S. (1997). Children's understanding of food and health in primary classrooms. *International Journal of Science Education*, 19(5), 491-508.
- Valbuena, E. (2007). *El conocimiento didáctico del contenido biológico. Estudio de las concepciones disciplinares y didácticas de futuros docentes de la Universidad Pedagógica Nacional (Colombia)*. (Tesis doctoral). Madrid: Universidad Complutense.
- Van Driel, J. H., & De Jong, O. (2001). Investigating the development of pre-service teachers' pedagogical content knowledge. Paper presented at the Annual Meeting of the National Association for Research in Science Teaching. St. Louis, MO.
- Van Driel, J. H., Berry, A., & Meirink, J. (2014). Research on science teacher knowledge. En N. G. Lederman & S. K. Abell (Eds.), *Handbook of research on science education* (pp. 848-870). New York: Routledge.
- Vasco, C. (1990). *Reflexiones sobre pedagogía y didáctica*. Bogotá: Ministerio de Educación Nacional.
- Verde, A., Pablos, M., López, M., & Vallés, C. (2013). La educación científica: percepción de los alumnos al finalizar la Educación Primaria. IX Congreso Internacional sobre Investigación en Didáctica de las Ciencias. *Revista Enseñanza de las Ciencias*, número extra, 3669-3674.
- Vergnaud, G. (2000). Apprentissage et formation professionnelle. En *Savoirs et compétences*, Actes du Forum. París: Demos.
- Viennot, L. (1979). Spontaneous reasoning in elementary dynamics. *European Journal of Science Education*, 11, 205-221.

- Vosniadou, S. (1994). Capturing and modeling the process of conceptual change. *Learning and Instruction*, 4(4), 5-69.
- Vosniadou, S. (2003). Exploring the relationships between conceptual change and intentional learning. En G. M. Sinatra & P. R. Pintrich (Eds.), *Intentional conceptual change* (pp. 377-406). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Vosniadou, S. (2012). Reframing the classical approach to conceptual change: Preconceptions, misconceptions and synthetic models. En B. J. Fraser, K. G. Tobin & C. J. McRobbie (Eds.), *The International Handbook of Research in Science Education*, 2.<sup>a</sup> ed. Dordrecht: Springer Verlag.
- Wallace, J., & Loughran, J. (2012). Aprendizaje del profesor de ciencias, capítulo 21. En B. J. Fraser, K. G. Tobin, & C. J. McRobbie (Eds.), *The International Handbook of Research in Science Education*, 2.<sup>a</sup> ed. Dordrecht: Springer Verlag.
- Wamba, A. (2001). *Modelos didácticos personales y obstáculos para el desarrollo profesional: estudios de caso con profesores de ciencias experimentales en educación secundaria*. (Tesis Doctoral). Huelva: Universidad de Huelva.
- Woolnough, J. (2007, July). Developing preservice teachers' science PCK using content representations. Paper presented at the annual conference of the Australasian Science Education Research Association, Fremantle.
- Zambrano, L. A. (2002). *Los hilos de la palabra: pedagogía y didáctica*. Cali: Artes Gráficas del Valle.
- Zambrano, A., Zalazar, C., Candela, B., & Villa, Y. (2013). Las líneas de investigación en educación en ciencias en Colombia. Asociación Colombia para la investigación en Educación en Ciencias y Tecnología, EDUCyT. *Revista EDUCyT* (7), 78-109.







En este libro comparto algunas de las inquietudes y reflexiones en torno a los maestros de ciencias, a sus conocimientos profesionales y al conocimiento escolar; me pregunto por el profesor como profesional, como intelectual y su relación con un campo disciplinar específico, la didáctica de las ciencias, así como con otras epistemologías, no solo de las ciencias, sino las inherentes al proceso escolar, que nos permiten aludir al conocimiento profesional del profesor y al conocimiento escolar como conocimientos epistemológicamente diferenciados.

Carmen Alicia Martínez Rivera

No.11 Serie Grupos



FACULTAD DE CIENCIAS Y EDUCACIÓN  
UNIVERSIDAD DISTRITAL

ISBN: 978-958-5434-41-7



9 789585 434417