

Énfasis

PERSPECTIVAS EPISTEMOLÓGICAS, CULTURALES Y DIDÁCTICAS EN EDUCACIÓN EN CIENCIAS Y LA FORMACIÓN DE PROFESORES: AVANCES DE INVESTIGACIÓN

Compiladora

Adela Molina Andrade

Autores

María Cristina Cifuentes

Jaime Duván Reyes

Andrés Arturo Venegas Segura

Rosa Inés Pedreros

Juan Carlos Castillo Ayala

Doctorado
Interinstitucional
en Educación

DIE

Universidad
del Valle

UNIVERSIDAD DISTRITAL
FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS

UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA
NACIONAL



Énfasis

*Libros de los énfasis del
Doctorado Interinstitucional en Educación*



UNIVERSIDAD DISTRITAL
FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS

Énfasis

Libros de los énfasis del Doctorado

Interinstitucional en Educación

Perspectivas epistemológicas, culturales y didácticas en Educación en Ciencias y la formación de profesores: Avances de investigación

Educación en Ciencias

Adela Molina Andrade

(Compiladora)

María Cristina Cifuentes

Jaime Duván Reyes Roncancio

Andrés Arturo Venegas Segura

Rosa Inés Pedreros

Juan Carlos Castillo Ayala

Universidad Distrital Francisco José de Caldas

Bogotá, Colombia - 2012



UNIVERSIDAD DISTRITAL
FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS

Comité Editorial-CADE

Adela Molina Andrade

Presidenta CADE

Álvaro García Martínez

Representante grupos de investigación Interculturalidad, Ciencia y Tecnología-INTERCITEC, y del Grupo Didáctica de la Química-DIDAQUIM, del Énfasis de Educación en Ciencias.

Sandra Soler Castillo

Representante de los grupos de investigación Identidad, Lenguaje y Cultura, Moralia, Estudios del Discurso, Educación Comunicación y Cultura del Énfasis de Lenguaje y Educación.

Olga Lucia León Corredor

Representante de los grupos de investigación Interdisciplinaria en Pedagogía de Lenguaje y las Matemáticas GIIPLYM, Matemáticas Escolares Universidad Distrital-MESCUUD, del Énfasis de Educación Matemática.

Rigoberto Castillo

Representante de los grupos de investigación Formación de Educadores, del énfasis de Historia de la Educación, Pedagogía y Educación Comparada.

José Javier Betancourt Godoy

Representante de los estudiantes del DIE-UD

Comité Editorial Interinstitucional-CAIDE

Margie Nohemy Jessup C.

Directora Nacional

Rosalba Pulido de Castellanos

Coordinadora DIE, Universidad Pedagógica Nacional

Adela Molina Andrade

Coordinadora DIE, Universidad Distrital Francisco José de Caldas

Eric Rodríguez Woroniuc

Coordinador DIE, Universidad del Valle

Inocencio Bahamón Calderón

Rector

María Elvira Rodríguez Luna

Vicerrectora Académica

Facultad de Ciencias y Educación

Doctorado Interinstitucional en Educación

ISBN: 978-958-8782-08-9

e-ISBN: 978-958-8782-90-4

Primera edición, 2012

© Universidad Distrital Francisco José de Caldas

Preparación Editorial

Doctorado Interinstitucional en Educación
Universidad Distrital Francisco José de Caldas

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

eventosdie@distrital.edu.co

Fondo de publicaciones

Universidad Distrital Francisco José de Caldas

Cra. 19 No. 33-39. Piso 2.

PBX: (57+1) 3238400, ext. 6203

Corrección de estilo

Luisa Juliana Avella Vargas

Diagramación y diseño de carátula

Juan Camilo Corredor Cardona

Impreso en Javegraf

Bogotá, Colombia, 2012

Prohibida la reproducción total o parcial de la presente obra por cualquier medio sin permiso escrito de la Universidad.

Presentación

Los conocimientos docentes: múltiples aproximaciones que exhortan su reconocimiento

15

María Cristina Cifuentes

El arte de la práctica de la enseñanza
El conocimiento y la reflexión en la acción
El conocimiento práctico y práctico personal
La base de conocimientos para la enseñanza
Los saberes docentes
Comentarios finales
Bibliografía

Conocimiento didáctico del contenido y formación de profesores de física: elementos para la investigación

57

Jaime Duván Reyes Roncancio

El profesor y su conocimiento
Pedagogía, didáctica y conocimiento del profesor
La idea de caracterización del CDC en el profesor de física
Consideraciones finales
Bibliografía

Aproximación interpretativa a la narración sobre la naturaleza de cuatro niños y niñas

75

Andrés Arturo Venegas Segura

Introducción
La importancia de reconocer el pensamiento de las niñas y niños: sus ideas de naturaleza
La pregunta
Referente conceptual del problema
La cultura como lugar para la elaboración de sentido
Tres caminos para estudiar las configuraciones de sentido: World View, Cross Cultural y Conglomerado de Relevancias
Algunas miradas sobre el pensamiento de los niños y niñas en marcos culturales específicos
Dos miradas sobre la idea de naturaleza. La Sikuni y la Occidental
La metodología
El proceso metodológico
Carta al extraterrestre, la “recuperación de la experiencia”
Interpretación de las cartas
Consideraciones finales
Agradecimientos
Bibliografía

***Dimensión del perfil conceptual en las investigaciones
sobre la enseñanza de las ciencias***

113

Rosa Inés Pedreros M.

Introducción
Sentido y significado del Perfil Conceptual (PC)
Referentes teóricos y base epistemológica de los PC
Aspectos metodológicos en el PC
Comentarios finales
Bibliografía

Reflexiones sobre el tiempo en la física

151

Juan Carlos Castillo Ayala

Introducción
Tiempo ciencia moderna y cultura
El tiempo en la mecánica newtoniana
Tiempo relativo en Leibnitz
El tiempo direccionado e irreversible
El tiempo en la termodinámica
Tiempo y evolución
El tiempo en las teorías contemporáneas de la física
El tiempo en la teoría de la relatividad
El tiempo en la mecánica cuántica
Algunas consideraciones finales
Bibliografía

Reseña de autores

183

Este libro reúne los avances de varias tesis doctorales del Énfasis de Educación en Ciencias de las Universidades Distrital y del Valle, del Doctorado Interinstitucional en Educación, DIE. Los autores se desempeñan como docentes universitarios: María Cristina Cifuentes, Rosa Inés Pedreros y Juan Carlos Castillo son profesores de la Universidad Pedagógica, y Jaime Duvan Reyes y Andrés Arturo Venegas son profesores de la Universidad Distrital. Las problemáticas tratadas se dirigen, en los dos primeros capítulos, esencialmente a profundizar sobre el conocimiento del profesor y las implicaciones en su formación, y en los tres últimos se tratan las nociones de naturaleza y conceptos de equilibrio y tiempo –importantes para la formación en ciencias– y se analizan desde el punto de vista epistemológico y antropológico para avanzar en la discusión y estudio de las relaciones entre diversidad cultural y enseñanza de las ciencias.

En el capítulo primero, “Los conocimientos docentes: múltiples aproximaciones que exhortan su reconocimiento”, de la profesora María Cristina Cifuentes, se presentan algunos avances de su tesis doctoral *Los conocimientos prácticos: un estudio narrativo del caso de una profesora de física, en formación inicial, en su practicum*, orientada por el Dr. Carlos Uribe. Se compone de un mosaico de perspectivas complementarias sobre los conocimientos docentes, poniendo a dialogar los trabajos de Schwab, Elbaz, Shulman, Grossman, Hashweh, Zembylas y Tardif. Este mosaico permite afirmar a la autora, que los conocimientos docentes se orientan hacia la solución de los problemas complejos, inciertos, inestables, singulares de la práctica, los cuales implican conflictos de valor, además de manifestarse en las acciones de los profesores y en las historias que cuentan sobre sus prácticas; dichos conocimientos son personales, en el sentido en que están encarnados en actores sociales individuales y poseen matices únicos, irrepetibles, que dan cuenta de sus experiencias biográficas estrechamente vinculadas a los contextos; también son socioculturales, en la medida en que son socialmente construidos, constreñidos, naturalizados y reforzados, dentro del colectivo profesional del profesorado y las múltiples comunidades y culturas que cruzan la escuela; son temporales, dado que se desarrollan en el continuo presente-pasado-futuro: los conocimientos pasados sirven de plataforma a los conocimientos presentes y estos, a su vez, a los conocimientos futuros. Igualmente son específicos a las situaciones de la clase, en la medida en que se definen en y se adaptan a esta, siendo además específicos a los contenidos de enseñanza, puesto que están altamente influenciados por la naturaleza del contenido de la materia a enseñar.

En el capítulo segundo, “Conocimiento didáctico del contenido y formación de profesores de física: elementos para la investigación”, de autoría de Duvan Reyes, se presentan los avances del trabajo de tesis doctoral *Conocimiento didáctico del contenido en profesores de física en formación inicial: el caso de la enseñanza del campo eléctrico*, orientada por la Dra. Carmen Alicia Martínez. Se tratan los fundamentos investigativos que permiten configurar el estudio del Conocimiento Didáctico del Contenido (CDC) de los profesores de física en formación inicial para el caso colombiano. Se exponen las tensiones propias de las interpretaciones sobre lo didáctico y lo pedagógico, que le son inherentes a la definición de esta categoría de investigación y que se soporta a partir del enfoque del conocimiento profesional del profesor desde la perspectiva de conocimiento diferenciado de otros profesionales, en relación al conocimiento que se pretende enseñar.

En el capítulo tercero, “Interpretación de las narrativas sobre la naturaleza de cuatro niños y niñas del cuarto grado de colegio Silvino Caro Heredia en el departamento del Vichada, Colombia”, del profesor Andrés Arturo Venegas Segura, se presentan algunos avances de su tesis doctoral *Ideas de naturaleza de niños y niñas Sikuanis y Llaneros de la clase de ciencias del cuarto grado de básica primaria del colegio agropecuario Silvino Caro Heredia en el corregimiento del Viento en Vichada*, orientada por la Dra. Adela Molina Andrade. En ella realiza el análisis de cuatro narrativas y asume como hipótesis de trabajo que en estas ideas coexisten valores, creencias que las influyen, por lo cual se producen relaciones entre varias comunidades culturalmente diferenciadas. Así, las ideas expresadas por los niños y niñas en sus narraciones son negociadas de diferentes formas con su cultura en un contexto escolar. Por tanto, la interpretación presentada muestra intercambios entre los conocimientos tradicionales de los grupos Sikuanis y Llanero, y los escolares. Las relaciones entre conocimientos tradicionales y escolares fueron constituidas mediante la determinación de los conglomerados de relevancias, esto es, los diferentes criterios de valor que orientan sus respuestas. En las narrativas se ha determinado que los estudiantes plantean diferentes relaciones entre dos tipos de experiencias: los que dan prioridad a sus experiencias inmediatas en el marco de sus grupos culturales, otros que involucran simultáneamente sus experiencias inmediatas y los conocimientos escolares, y aquellos que se refieren únicamente a sus conocimientos escolares.

El capítulo cuarto, “Dimensión del Perfil Conceptual en las investigaciones sobre la enseñanza de las ciencias”, de autoría de Rosa I. Pedreros, es un avance de la tesis doctoral *Perfil conceptual de equilibrio a partir de las ideas de comunidades culturalmente diferenciadas: implicaciones para una educación en Ciencias en una sociedad culturalmente diversa*, orientada por la Dra. Adela Molina Andrade. Se exponen el marco referencial que estructura el Perfil

Conceptual (PC) y los avances de investigaciones sobre el mismo. Se distingue que la noción de PC se viene constituyendo en una opción que contempla los distintos modos de pensar y hablar sobre el mundo de la vida, particularmente de la ciencia. No se pretende reemplazar las ideas de los estudiantes por las científicas; se busca enriquecer las perspectivas científicas encontradas, distinguir otros modos de pensar y hablar, reconocer la demarcación entre estos modos, tomar consciencia de la existencia de las diferentes zonas y su potencialidad en los contextos de uso. El trabajo en torno a los PC permite considerar la pluralidad epistémica y cultural tanto en el aula como en las comunidades científicas, lo cual se constituye en una alternativa para el reconocimiento del otro, su distinción y diálogo, particularmente en el aula. Las investigaciones abren nuevas rutas de estudio y desafíos para pensar la enseñanza de las ciencias, específicamente, teniendo en cuenta la diversidad cultural. Desde el punto de vista metodológico, para la configuración de las zonas del PC y distinguir los diversos modos de pensar y hablar, se toman como referencia tanto las ideas de la historia y filosofía de la ciencia, como las de los estudiantes en el aula, en situaciones de aprendizaje, en donde se propicia la evolución del PC. Lo anterior, para ubicar el valor pragmático y marco de referencia desde los cuales hablan los sujetos y comunidades a partir de la distinción de los aspectos epistemológicos y ontológicos subyacentes en esos modos de pensar y hablar.

En el capítulo quinto, “Reflexiones sobre el tiempo en la física”, del profesor Juan Carlos Castillo, se presentan algunos avances relacionados con el marco teórico de su tesis doctoral *Ideas de Tiempo de estudiantes de primer semestre de Licenciatura en Ciencias: estudio comparativo con comunidades culturalmente diferenciadas mediante Perfil Conceptual*, orientada por la Dra. Adela Molina Andrade. En este texto se abordan los conceptos de tiempo que se encuentran en la física, especialmente en la mecánica clásica; también las perspectivas presentes en las teorías de la física moderna, la teoría Especial de la relatividad y de la mecánica cuántica. Además, se examinan algunas concepciones contempladas en la termodinámica, la evolución, la vida y la edad de la Tierra, por ser muy ilustrativas para poner de manifiesto la diversidad conceptual del tiempo en las ciencias de la naturaleza. Por último, se describe y analiza unas de ellas. Mediante esta reflexión, se perfilan algunas implicaciones de estos análisis en la enseñanza de las ciencias.

Los conocimientos docentes: múltiples aproximaciones que exhortan su reconocimiento

María Cristina Cifuentes¹

En la década de los ochenta, algunos investigadores educativos (e.g. Elbaz, 1981; Clandinin, 1985; Shulman, 1986/1989) reconocieron la importancia de estudiar los conocimientos del profesorado, lo cual ha llevado a consolidar un programa de investigación de gran crecimiento. Yinger (1987) apunta que los intereses en este campo se pueden agrupar a través de las preguntas: “¿cómo podemos describir mejor el conocimiento y la destreza del practicante experimentado?” (p. 293, original en inglés²) y “¿cómo los profesores aprenden a enseñar?” (p. 294, original en inglés³). La primera pregunta se ocupa de la expresión, fuentes, representación y contenidos de los conocimientos prácticos del profesorado, mientras que la segunda interroga por: a) los cambios ocurridos, los conocimientos adquiridos, y las habilidades desarrolladas durante el proceso que lleva a un profesor de principiante a experimentado; y b) las experiencias y oportunidades necesarias para el desarrollo de estos conocimientos y habilidades prácticas.

Dada la complejidad que encierra este programa de investigaciones, los trabajos en este campo no pueden ser entendidos a través de las tradicionales parcelaciones que las ciencias sociales y del comportamiento humano suelen hacer para delimitar sus objetos de estudio –individuo, grupo social, mente, comunidad, entre otros–. Los conocimientos del profesorado no pueden ser reducidos solamente a un problema de personalidad individual, a un problema socio-cultural o a uno de aprendizaje. Pensar los conocimientos docentes en términos de solo una de estas unidades de análisis, resulta parcializado e incompleto.

Por esta razón en el presente documento se pretende componer un marco de referencia para hablar de los conocimientos docentes, recogiendo las discusiones más representativas que se han desarrollado en el campo. El objetivo es construir una especie de mosaico de perspectivas complementarias, poniendo unos con otros los trabajos de Schwab (1969, 1971), que abogan por la comprensión de la enseñanza como una disciplina práctica; los trabajos de Schön (1983/1988; 1987/1992; 1992, 1996), que presen-

1 Profesora Departamento de Física, Universidad Pedagógica Nacional. Estudiantes Doctorado Interinstitucional en Educación, sede Universidad del Valle. Énfasis en Ciencias. Grupo INTERCITEC.

2 “How might we best describe the knowledge and skill of the experienced practitioner?”

3 “How do teachers learn to teach?”

tan una discusión sobre los conocimientos en acción y los procesos de reflexión en la acción de los profesionales de disciplinas prácticas, entre las que se incluye la enseñanza; la conceptualización de Elbaz (1981) de los conocimientos docentes como conocimientos prácticos y la reconceptualización que hace Clandinin (1985) como conocimientos prácticos personales; la propuesta de Shulman (1986/1989, 1987/2001) sobre la base de conocimientos de la enseñanza, deteniéndonos en su noción ampliamente difundida de los conocimientos pedagógicos del contenido (PCK, por sus siglas en inglés) y las aportaciones que a ella han hecho autores como Grossman (1990), Hashweh (2005) y Zembylas (2007); y finalmente la discusión de Tardif (2004) sobre los saberes docentes, en general, y los saberes experienciales, en particular.

Este mosaico corresponde a una primera aproximación en la configuración de una conceptualización sobre los conocimientos docentes. De allí que este documento finalizará con una síntesis en la que se superponen las diversas perspectivas presentadas.

El arte de la práctica de la enseñanza

Se ha escogido a Josep Schwab (1969, 1971) para abrir esta presentación porque en sus ensayos *"The practical: A language for curriculum"* [La práctica: Un lenguaje para el currículo] y *"The practical: Arts of eclectics"* [La práctica: Arte del eclecticismo], se presenta, de manera elocuente, una distinción entre disciplinas teóricas y disciplinas prácticas, ubicando el campo de la educación, en general, y del *"currículo"*⁴ en particular, como una disciplina práctica. Las diferencias entre las disciplinas teóricas y las

4 Schwab entiende el currículo como *"aquello que es legado con éxito en diferentes grados a diferentes estudiantes, por profesores comprometidos, usando materiales y acciones apropiadas, del cuerpo de conocimientos, habilidad, actitudes legitimadas y las propensiones para actuar y reaccionar que son elegidos por las instrucciones después de una seria reflexión y decisiones comunitarias de representantes de aquellos que están implicados en la enseñanza de un grupo determinado de estudiantes, quienes son conocidos como los tomadores de decisiones... El currículo no es una colección interminable de objetivos... El currículo no es necesariamente el mismo para todos los estudiantes de una determinada edad y posición. Tampoco difieren necesariamente en todos los aspectos para cada estudiante o escuela. Por último, el currículo no es algo sobre lo que las decisiones puedan ser certificadas antes del juicio como las mejores decisiones [is what is successfully conveyed to differing degrees to different students, by committed teachers using appropriate materials and actions, of legitimated bodies of knowledge, skill, taste, and propensity to act and react, which are chosen for instruction after serious reflection and communal decision by representatives of those involved in the teaching of a specified group of students who are known to the decision-makers... Curriculum is not an endless collection of objectives... Curriculum is not necessarily the same for all students of a given age and standing. Nor does it differ necessarily in all respects for each and every student or school. Finally, curriculum is not something about which decisions can be certified in advance of trial as the best decisions]"* (1983, p. 240).

prácticas presentadas por este educador son tanto de orden epistemológico como político.

La primera diferencia epistemológica apuntada por Schwab hace referencia a que las disciplinas teóricas se orientan hacia preguntas, mientras que las disciplinas prácticas lo hacen hacia soluciones. En el caso de las disciplinas teóricas, sus investigaciones tienen como fin responder a las nuevas preguntas que surgen en la disciplina, a través de conclusiones justificadas, que no presentan incoherencias ni contradicciones con los datos recogidos, con los conocimientos generados en el campo y con los comportamientos del asunto estudiado. Por el contrario, las disciplinas prácticas se movilizan hacia la obtención de soluciones a los problemas, la concreción de dichas soluciones y la valoración de los efectos obtenidos. Es así como la teoría, por estar relacionada con las nuevas cosas por hacer, no se preocupa de los éxitos y fracasos de las cosas presentes, en cambio la práctica se ocupa directamente del diagnóstico de los problemas. La siguiente cita recoge en buena medida esta diferencia epistemológica:

Por práctica no me refiero [dice Schwab] a la practicidad que bordea al administrador mediocre y al hombre en la calle, para quienes la práctica significa de fácil alcance, objetivos familiares que se pueden alcanzar por medios familiares. Me refiero a una disciplina compleja, relativamente desconocida para el mundo académico y radicalmente diferente de las disciplinas de la teoría. Es la disciplina que se preocupa por la elección y la acción, en contraste con la teórica, que se ocupa de los conocimientos. Sus métodos conducen a decisiones defendibles, mientras los métodos de la teoría conducen a conclusiones justificadas y se diferencian radicalmente de los métodos y competencias que implican lo teórico (1969, pp. 1-2, original en inglés⁵).

La segunda diferencia epistemológica hace alusión a que los conocimientos producidos por las disciplinas teóricas son generalizados, mientras que los producidos por las disciplinas prácticas son específicos a los contextos. Los conocimientos producidos por las disciplinas teóricas, bien sean del campo de las ciencias naturales o de las ciencias sociales, son el resultado de procesos de abstracciones o idealización de las regularidades entre las cosas y acontecimientos que subsumen. En otras palabras, son representa-

5 "By the 'practical' I do not mean the curbstone practicality of the mediocre administrator and the man on the street, for whom the practical means the easily achieved, familiar goals which can be reached by familiar means. I refer, rather, to a complex discipline, relatively unfamiliar to the academic and differing radically from the disciplines of the theoretic. It is the discipline concerned with choice and action, in contrast with the theoretic, which is concerned with knowledge. Its methods lead to defensible decisions, where the methods of the theoretic lead to warranted conclusions, and differ radically from the methods and competences entailed in the theoretic".

ciones generalizadas de los casos concretos estudiados. En contraste, los conocimientos producidos por las disciplinas prácticas están marcados por la particularidad, ya que surgen en situaciones específicas de tiempo, lugar, personas y circunstancias. Esta otra diferencia epistemológica se esboza con elocuencia en el siguiente fragmento:

La diferencia radical entre la práctica y la teoría es visible donde quiera que se produzca: en medicina, política, derecho e ingenierías, así como en educación. La práctica siempre está marcada por la particularidad, la teoría por la generalidad. La generalidad [...] solo se logran por los procesos de abstracción o idealización [...]. Por otra parte, el tejido mismo de lo práctico, consiste en las variables particulares y los ricos suministros desde los cuales la teoría resume o idealiza sus uniformidades (1971, pp. 495-496, original en inglés⁶).

Dado que las disciplinas teóricas están orientadas por preguntas y sus conocimientos son generales, mientras que las disciplinas prácticas están orientadas hacia las soluciones y sus conocimientos son particulares, Schwab no duda en sostener que la educación debe ser entendida como una disciplina práctica. Y debe ser entendida así, porque el currículo en acción hace referencia a cosas concretas –contenidos programáticos específicos para niños y niñas con personalidades singulares, en contextos socio-culturales diversos, en momentos históricos únicos, entre otros– y debe responder a los problemas que devienen de cada situación propia de las escuelas y aulas de clases.

En lo que respecta a las diferencias de orden político, Schwab expone dos sustanciales: la primera hace referencias a los actores que producen los conocimientos en cada una de estas disciplinas, y la segunda, al estatus social de las disciplinas.

En cuanto a los actores, encontramos que los conocimientos teóricos son producidos por las comunidades académicas de las universidades o institutos de investigación patrocinados por los gobiernos, mientras que los conocimientos prácticos son desarrollados por los practicantes de una disciplina a lo largo de su ejercicio profesional. Algunas áreas comprometidas con la toma de decisiones y la acción, como el Gobierno, las instituciones de orientación y control económico, la psicoterapia y el derecho, ya han reconocido que a través del ejercicio profesional los practicantes desarro-

6 “The radical difference between practice and theory is visible wherever they occur together: in medicine, politics, law, and engineering, as well as in education. The practical is always marked by particularity, the theoretical by generality... generalities are achieved only by processes of abstraction or idealization... The very fabric of the practical, on the other hand, consists of the richly endowed and variable particulars from which theory abstracts or idealizes its uniformities”

llan conocimientos particulares para los problemas que enfrentan cada día, y han iniciado procesos sistemáticos para acumular dichos conocimientos. Para Schwab “es este recurso de acumular el saber popular, proveniente de las experiencias sobre las acciones y sus consecuencias [...] en el plano de los casos concretos, lo que constituye el corazón mismo de la práctica” (1969, p. 14, original en inglés⁷).

En lo que respecta al estatus social, se evidencia una sobrevaloración de los conocimientos teóricos sobre los prácticos. Esto ha permitido establecer una alianza inveterada y poco reflexiva entre el campo de la educación y las teorías de las ciencias sociales y del comportamiento humano. Y es así porque dichas teorías, los académicos que las desarrollan y las universidades o institutos de investigación en las que se gestan, también ostentan una sobrevaloración sobre los conocimientos prácticos, los docentes que los poseen y las escuelas y aulas de clases en las que se producen. Más aún, existe una corriente sostenida que considera que los únicos conocimientos válidos para orientar la educación son los producidos por las disciplinas teóricas, empleando los métodos científicos convencionales, cuantitativos y cualitativos, aduciendo que los métodos y los diseños que los acompañan están destinados a producir grados aceptables de significación, validez, generalización e intersubjetividad. No obstante los maestros, así como otros actores en el campo educativo, han dado testimonio de que los problemas atacados aplicando las teorías de las ciencias sociales y de la conducta han sido mal resueltos, “los currículos existentes con el sello de legitimación teórica a menudo han fallado en la práctica” (1971, p. 493, original en inglés⁸), y a su vez, “la enseñanza que es coherente con la teoría a menudo pierde su marca práctica” (p. 493, original en inglés⁹).

Para Schwab, el hecho de que el currículo en acción sea considerado como una disciplina práctica, no implica que no se puedan poner a su servicio los conocimientos teóricos. El problema radica en la manera en que esto se hace, a través de una imagen técnica del currículo en la que los problemas se enfrentan por aplicación directa de los conocimientos teóricos. “Si, entonces, se va a utilizar la teoría para la determinación de la práctica curricular [dice Schwab], se requiere un suplemento” (1969, p. 12, original en inglés¹⁰). Un suplemento que permita: a) identificar “las disparidades entre lo real y las representaciones teóricas” (p. 12, original en inglés¹¹); b)

7 “is this recourse to accumulated lore, to experience of actions and their consequences [...] at the level of the concrete case, which constitutes the heart of the practical”.

8 “Extant curriculums with the stamp of theoretic legitimation often fail in practice”.

9 “Teaching which is coherent with theory often misses its practical mark”.

10 “If, then, theory is to be used well in the determination of curricular practice, it requires a supplement”.

11 “the disparities between real thing and theoretic representation”.

modificar “la teoría en el curso de su aplicación, a la luz de las discrepancias” (p. 12, original en inglés¹²); y c) idear “maneras de tener en cuenta los múltiples aspectos de lo real que la teoría no toma en cuenta” (p. 12, original en inglés¹³).

Schwab ha empleado el término *artes* porque los métodos a través de los cuales se identifican los problemas educativos, y se proponen y evalúan alternativas de solución novedosas, “no pueden reducirse a la normas de aplicación general” (1971, p. 495, original en inglés¹⁴). Estos procesos están condicionados por las situaciones particulares, de allí que solamente sea posible ejemplificar las rutas y caminos que un grupo de practicantes ha configurado para hacer frente a un caso concreto, sin pretender que éstas se conviertan en formas canónicas para enfrentar la solución de los problemas prácticos.

De lo anterior se desprende otra diferencia epistemológica entre las disciplinas teóricas y las prácticas, ya que las formas empleadas por la práctica para alcanzar sus objetivos no pueden reducirse a procesos de inducción o de deducción. No son inductivos porque los objetivos de estas disciplinas no son la “generalización o explicación, sino la acción en una situación concreta” (1969, p. 20, original en inglés¹⁵). Tampoco son deductivos, porque al considerar casos concretos, las soluciones no pueden tratarse como la aplicación de un principio derivado de la generalización entre casos, ya que “casi todos los casos concretos caen bajo dos o más principios, y cada caso concreto, dispondrá de unas características convincentes que no se engloban en ningún principio” (p. 20, original en inglés¹⁶). Son deliberativos.

El siguiente párrafo recoge, en términos generales, lo que Schwab entiende por la práctica deliberada:

La deliberación es compleja y ardua. Esta trata tanto de los fines como de los medios y de cómo ellos deben ser tratados como mutuamente determinantes. Esta debe tratar de identificar, con respecto a ambos, ¿qué hechos pueden ser pertinentes? Debe tratar de determinar los hechos relevantes en el caso concreto. Debe tratar de identificar las ausencias en el caso. Debe generar soluciones alternativas. Debe hacer todo lo posible para delinear las posibles bifurcaciones en las

12 “modify the theory in the course of its application, in the light of the discrepancies”.

13 “devise ways of taking account of the many aspects of the real thing which the theory does not take into account”.

14 “they cannot be reduced to generally applicable rules”.

15 “because the target ... is not a generalization or explanation but a decision about action in a concrete situation”.

16 “Almost every concrete case falls under two or more principles, and every concrete case will possess some cogent characteristics which are encompassed in no principle”.

consecuencias que pueden derivarse de cada alternativa y de los sentimientos de ausencia. A continuación, debe sopesarse en las alternativas sus costos y consecuencias, una contra otra, y elegir, no la alternativa correcta, porque no hay tal cosa, sino la mejor (pp. 20-21, original en inglés¹⁷).

Esta deliberación en el campo de la enseñanza supone el dominio de un conjunto de artes como: a) el arte del “conocimiento íntimo del estado de cosas existente” (1969, p. 18, original en inglés¹⁸); b) el arte de “la identificación temprana de situaciones problemáticas” (p. 18, original en inglés¹⁹); y c) el arte de “la deliberación práctica para identificar el mayor número de posibles y diversas nuevas soluciones alternativas a un problema” (p. 18, original en inglés²⁰).

La primera de estas artes implica un proceso de reconocimiento que permita identificar qué son y han sido las escuelas, los cambios que son necesarios, los costos y las formas en las que dichos cambios pueden llevarse a cabo conservando la mayor parte del “esfuerzo educativo tejido”; en otras palabras, implica pensar la educación desde las realidades de las escuelas en lugar de pensarla desde el deber ser estipulado por las teorías que hablan sobre el fenómeno educativo. Este reconocimiento permite, por una parte, que las instituciones y prácticas existentes se modifiquen poco a poco, y por otra, que dichas modificaciones sean planeadas y articuladas con lo que se mantiene sin cambios, para que el funcionamiento del conjunto siga siendo coherente e irreprochable.

La segunda supone un proceso de evaluación sensible y sofisticado para identificar las fricciones y fallas en la maquinaria escolar, en lo que respecta a alcanzar los objetivos declarados. Esta evaluación permite que las soluciones a los problemas prácticos se desarrollen a partir del reconocimiento de dichas fricciones y fallas, y de la “evidencia de insuficiencia en el sentido de las deficiencias de sus productos” (p. 16, original en inglés²¹), y no desde las propuestas novedosas de lo que podrían ser los planes de estudio

17 “Deliberation is complex and arduous. It treats both ends and means and must treat them as mutually determining one another. It must try to identify, with respect to both, what facts may be relevant. It must try to ascertain the relevant facts in the concrete case. It must try to identify the desiderata in the case. It must generate alternative solutions. It must make every effort to trace the branching pathways of consequences which may flow from each alternative and affect desiderata. It must then weigh alternatives and their costs and consequences against one another and choose, not the right alternative, for there is no such thing, but the best one”.

18 “Intimate knowledge of the existing state of affairs”.

19 “early identification of problem situations”.

20 “to practical deliberation the greatest possible number and fresh diversity of alternative solutions to the problem”.

21 “evidenced in felt shortcomings of its products”.

y la enseñanza. No es suficiente con la ejecución de propuestas de mejoramiento; es necesario valorar su eficacia o capacidad para lograr el efecto que se desea, y a su vez, identificar las nuevas fricciones o deficiencias que pueden generar las modificaciones desarrolladas.

La tercera de estas artes, la “deliberación práctica”, es una exigencia que deriva de la naturaleza de los problemas prácticos. Ante todo, porque para actuar frente a un problema particular es necesario contar con un amplio abanico de nuevas y conocidas alternativas de solución que permita la mutua comparación para valorar sus aportes a la situación, ya que “la mejor opción dentro de una serie de alternativas pobres y deterioradas seguirá siendo una mala solución al problema” (1969, p. 18, original en inglés²²). Más aún, cuando los problemas devienen de cambios en las circunstancias y los tiempos, no es suficiente contar con soluciones conocidas, dado que dichos problemas “no pueden ser resueltos a través de aparentes soluciones novedosas derivadas de los viejos hábitos de la mente y las viejas formas de hacer las cosas” (p. 18, original en inglés²³), en este caso es necesaria la innovación en las alternativas de solución. Finalmente, la necesidad de que las soluciones alternativas sean generadas anticipadamente es una respuesta a la dificultad para la visualización de los problemas, ya que normalmente “solo vemos lo que nos enseñaron a buscar y somos instruidos por la teoría” (1971, p. 496, original en inglés²⁴), por esta razón las soluciones anticipadas orientan el ojo hacia asuntos tomados como naturales que pueden ser un problema desde el punto de vista práctico.

En resumen, estos dos ensayos nos permiten caracterizar a la enseñanza como una **disciplina práctica** porque se orienta a la **solución de los problemas** que surgen en el currículo en acción; porque sus conocimientos son generados por sus practicantes –profesores– en el curso de las experiencias profesionales en las escuelas y aulas de clases, y por tanto son conocimientos **específicos a los contextos**; y porque los métodos que implementa para la consecución de sus propósitos son **deliberantes**, e implican: a) la identificación de los problemas educativos a partir del reconocimiento de las realidades escolares, y los fallos y dificultades de la maquinaria educativa para cumplir sus objetivos; b) la proposición de variadas alternativas de solución que permitan orientar la toma de decisiones y las acciones docentes; c) la evaluación de las posibles consecuencias de las soluciones propuestas; d) la valoración entre múltiples soluciones para la elección de la mejor al-

22 “the best choice among poor and shopworn alternatives will still be a poor solution to the problem”.

23 “They cannot be well solved by apparently new solutions arising from old habits of mind and old ways of doing things”.

24 “we normally see only what we are instructed to look for and we are instructed by theory”.

ternativa; y e) la evaluación de los resultados obtenidos en la aplicación de una solución para enfrentar los problemas de la práctica.

El conocimiento y la reflexión en la acción

Para continuar con la composición de nuestro mosaico, retomaremos los planteamientos de Schön (1983/1988; 1987/1992, 1992, 1996) en relación a los conocimientos, pensamientos y acciones de los profesionales, dado que muchos investigadores educativos han utilizado estos trabajos para enmarcar sus estudios (e.g. Bennett, 1996; Bullough, 1993, 1995; Clarke, 1995; Hollingsworth, Dybdahl, y Minarik, 1993; O'Donoghue y Brooker, 1996; Pultorak, 1996).

Los planteamientos de Schön, de manera coincidente con Schwab, tienen su génesis en una profunda insatisfacción con la epistemología dominante sobre la práctica profesional. Para Schön dicha epistemología, denominada "*racionalismo técnico*", reduce la práctica profesional a la aplicación de los conocimientos de las ciencias convencionales –bien sean naturales o sociales– a las tareas y problemas de la praxis. Es así como dentro de esta perspectiva la acción profesional se limita a la identificación de los problemas –estructurados estos desde las ciencias que fundamentan una profesión– y a la aplicación rigurosa y sistemática de las respectivas técnicas de solución que se han elaborado desde dichas ciencias, en independencia de lo bien que tales acciones resuelvan el problema. Esta epistemología tiene como presupuestos que los problemas de la práctica son rutinarios, cognoscibles con antelación, y que están sujetos a un conjunto de reglas generalizadas que son aplicables a múltiples contextos.

Schön sostiene que esta epistemología se basa en una concepción fundamentalmente errónea de lo que hacen los profesionales, de allí que argumente a favor de una nueva epistemología de la práctica que dé cuenta de las competencias que exhiben los profesionales ante las situaciones prácticas –que están marcadas por incertidumbre, complejidad, inestabilidad, conflicto de valores y unicidad–. Para componer esta nueva epistemología, Schön acuña dos categorías: los "*conocimientos en la acción*" y la "*reflexión sobre la acción*", detalladas a continuación.

El modelo de racionalidad técnica presentado por Schön tiene como presupuesto que en la ejecución de una acción se llevan a cabo dos actividades intelectuales de manera simultánea: por una parte se hace conciencia de los conocimientos teóricos adecuados a la situación que se enfrenta, y por otra, se ponen en práctica dichos conocimientos. En palabras de Ryle, pri-

mero “se hace un poco de teoría y, luego, un poco de acción” (1996, p. 28). Esta imagen de la práctica no contempla el hecho de que muchas personas en su vida cotidiana, así como múltiples profesionales en su vida laboral, pueden ejecutar hábil y espontáneamente ciertas acciones sin necesidad de recurrir a los conocimientos que determinan cómo hacerlo; por ejemplo, para ejecutar con competencia la acción de caminar no es necesario primero pensar qué se debe hacer y luego hacerlo, sino que espontáneamente se ejecuta la acción, y es dicha acción la que manifiesta la posesión de un conocimiento, en este caso el conocimiento de caminar. Ante estas singularidades de las acciones de las personas y profesionales en situaciones familiares, y tomando prestadas las palabras de Ryle que sostienen que “una acción inteligente no implica la doble ejecución de considerar y de ejecutar” (p. 29), Schön plantea la existencia de una forma particular de conocimiento que orienta y se origina en las acciones inteligentes, tanto de las personas como de los profesionales: el “*conocimiento en la acción*”.

Para Schön (1992) el conocimiento en la acción es “el conocimiento construido en y revelado por la ejecución de nuestras rutinas cotidianas de acción” (p. 124, original en inglés²⁵) que se basa en “pre-estructuras [...] que guían nuestro ver, pensar y hacer en situaciones familiares” (p. 124, original en inglés²⁶). Este conocimiento se caracteriza por: a) depender de los objetos sobre los que se actúa, ya que es a través del intercambio con los objetos familiares que se tiene acceso a los conocimientos; b) conllevar a acciones espontáneas, en el sentido de que las personas obran sobre la base de dichos conocimientos pero sin tener que pensar en ellos para ejecutar una acción; y c) su carácter tácito, ya que la mayoría de veces sus poseedores son incapaces de describirlos a través del discurso. No obstante, Schön destaca la importancia de explicitar los conocimientos en la acción a través de la observación y la reflexión sobre las acciones, aclarando que los conocimientos que se derivan de este proceso, o “teorías de la acción”, deben ser entendidos como representaciones o construcciones que “ponen en forma explícita y simbólica un tipo de inteligencia que comienza siendo tácita y espontánea” (1987/1992; p. 36).

Si bien la categoría “*conocimiento en la acción*” se encarga de los conocimientos tácitos que orientan las acciones de los profesionales ante situaciones familiares, Schön ve necesario introducir otra categoría para dar cuenta de la empresa que emprenden los profesionales competentes cuando en

25 “...the knowing built into and revealed by our performance of everyday routines of action. This is not inquiry, in Dewey’s sense of the term, because the situation of action is not problematic”.

26 “...prestructures...that guide our seeing, thinking, and doing in familiar situations”.

la ejecución de sus acciones rutinarias, obtienen resultados inesperados o sorpresas. Esta categoría es la “*reflexión en la acción*”.

La categoría “*reflexión en la acción*” es algo difícil de puntualizar. Schön (1983/1988, 1987/1992) diferencia entre “*la reflexión sobre la acción*” y la “*reflexión en la acción*”, dado que la primera corresponde a un análisis deliberado y retrospectivo de la acción, un “pararse a pensar” (1987/1992, p.37), mientras que la segunda corresponde a un proceso de reflexión en presente, sin interrumpir las acciones; es un “pensar en lo que se hace mientras se está haciendo” (p. 9). Estas dos formas de reflexión permiten a los profesionales desarrollar nuevas comprensiones de las situaciones y posibilidades de la acción a través de un proceso en espiral de elaboración y replanteamiento.

Cuatro procesos son destacados por Schön como característicos del pensamiento reflexivo en acción: i) una situación de sorpresa o detonante de la reflexión; ii) la crítica de los conocimientos en acción; iii) la reestructuración de dichos conocimientos, y iv) el desarrollo de un plan de acción futuro. Es de anotar que la secuencia y orden en que estos procesos han sido exhibidos, no debe interpretarse como una representación algorítmica de la práctica reflexiva. De hecho, Schön hace grandes esfuerzos en sus obras para persuadir a aquellos que se puedan ver tentados a entender la práctica reflexiva como tal. La siguiente cita describe dichos procesos:

[...] existe aquella situación a la que traemos respuestas espontáneas y rutinarias [...]. [Si] las respuestas rutinarias producen una sorpresa, un resultado inesperado, [...] la sorpresa conduce a una reflexión dentro de la acción presente. La reflexión, al menos en alguna medida, resulta consciente aunque no se produzca necesariamente por medio de palabras [...] la reflexión en la acción posee una función crítica, y pone en cuestión la estructura de suposiciones del conocimiento en la acción. Pensamos de manera crítica sobre el pensamiento que nos trajo a esta situación de apuro o a esta oportunidad; y durante el proceso podemos reestructurar estrategias de acción, la comprensión de los fenómenos o las maneras de formular los problemas [...] la reflexión da lugar a la experimentación in situ. Ideamos y probamos nuevas acciones que pretenden explorar fenómenos recién observados, verificar nuestra comprensión provisional de los mismos, o afirmar los pasos que hemos seguido para hacer que las cosas vayan mejor (Schön, 1987/1992, p. 38)

Para finalizar con la presentación de las ideas más destacadas de Schön, es importante destacar que si bien la mayor parte de sus obras se centran en los procesos individuales de reflexión en la acción de los profesionales, no desconoce que dichos procesos están estructurados dentro de la “*práctica*

profesional", entendida esta como el proceso repetitivo pero experimental, que permite que las dimensiones personales y colectivas del saber hacer sean cada vez más ricas, eficientes, tácitas y automáticas. La dimensión colectiva aquí señalada hace referencia a que las actividades de conocer y reflexionar la acción están embebidas en el sistema de convenciones, limitaciones, lenguajes, valores, repertorios de ejemplos, conocimientos sistematizados y conocimientos en la acción, característicos de una comunidad profesional. Cuando alguien aprende el "*arte de una práctica*", se inicia en las tradiciones de la comunidad de prácticos y en el mundo que ellos habitan. Según Schön:

El conocimiento en la acción de un profesional está incrustado en el contexto estructurado a nivel social e institucional que comparte una comunidad de prácticos. El conocimiento en la práctica se ejercita en los ámbitos institucionales propios de la profesión, y se organiza en función de sus unidades características de actividad y sus formas familiares de situaciones en la práctica, y se ve impedido o facilitado por su tronco común de conocimiento profesional y por su sistema de valores (1987/1992, p. 42).

En síntesis los planteamientos que hemos retomado de Schön nos ofrecen una serie de argumentos para reafirmar el ejercicio docente como una **profesión práctica**, dado que los **problemas** a los que se enfrenta el profesorado en su vida profesional –como la determinación de qué enseñar, cómo enseñar y para qué enseñar, entre otros muchos– no se pueden estructurar a partir de los conocimientos teóricos de las ciencias sociales y del comportamiento humano, porque ellos en sí mismos son: a) complejos, pues involucran muchas de las dimensiones que las ciencias sociales parcelan; b) únicos, en virtud de que dependen de las situaciones y contexto singulares de la escuela, la clase, los estudiantes, los profesores; c) inestables, tanto en el tiempo como en el espacio; y d) involucran conflictos de valor a causa de que implican valores y metas éticas.

Estos planteamientos también nos permiten aseverar que los conocimientos del arte de la enseñanza no son los conocimientos sustantivos y sintácticos de las disciplinas científicas que se preocupan del fenómeno educativo, sino que son una forma de **conocimientos en la acción**, en palabras de Schön, o saber hacer, en palabras de Ryle, moralmente apropiados, inteligentes y sensatos (Grimmett y MacKinnon, 1992), que los profesores construyen en el transcurso de sus experiencias de vida y de trabajo en relación a la enseñanza. Conocimientos que son principalmente **tácitos** y **espontáneos**, pero que se pueden poner en términos simbólicos y enriquecer a través de los procesos de **reflexión**. La reflexión, bien sea durante y/o antes

y después de la enseñanza, posibilita al profesor dar sentido a la complejidad de la misma y enriquecer el repertorio de sus conocimientos en acción.

Adicionalmente, la estructuración del conocimiento en acción dentro de la comunidad de práctica reconoce que si bien cada profesor cuenta con un repertorio de conocimientos pedagógicos del contenido, fruto de sus experiencias singulares, estos están ampliamente constreñidos por los **saberes populares** propios de su comunidad profesional, que le proveen unas ideas sobre los estudiantes, profesores y la enseñanza, así como repertorios de estrategias exitosas (Barnett y Hodson, 2001). Este saber popular se caracteriza porque: a) se construye, reconstruye y comparte mediante la tradición oral; b) es principalmente ateórico, ya que se construye de abajo hacia arriba y de manera independiente a los desarrollos teóricos; y c) está arraigado a los detalles particulares de las clases, especialmente a las situaciones interesantes y problemáticas (Barnett y Hodson, 2001).

El conocimiento práctico y práctico personal

En este apartado se retoman las propuestas de Elbaz (1981) y de Connelly y Clandinin (Connelly y Clandinin, 1990, 1996, 1998, 2000; Clandinin, 1985, 1989) en relación con los conocimientos docentes, en virtud de que sus obras, al igual que las de Schön, han influenciado un gran número de trabajos sobre el profesorado (e.g. Chou, 2008; Craig 1995, 2000; John, 2002; Marllat, 2004; Powell, 1996; Zuckerman, 1999) y, adicionalmente, se constituyen en una posición crítica frente a la epistemología clásica que postula una dicotomía cuerpo-mente y teoría-práctica (Johnson, 1989) que, como se mostró en los párrafos precedentes, ha sido ampliamente utilizada para jerarquizar los conocimientos y las disciplinas en términos de Schwab, o profesiones, en términos de Schön.

El conocimiento práctico de Elbaz

La concepción de conocimiento del profesor como *conocimiento práctico* fue inicialmente elaborada y explorada por Elbaz (1981) en su artículo "*Teachers' curricular knowledge in fourth grade: The interaction of teachers*" [Los conocimientos curriculares del profesor de cuarto grado: la interacción de los maestros]. A través de las discusiones con Sarah –una profesora de lenguas de escuela secundaria– sobre sus experiencias en el mundo escolar, Elbaz recopiló información y evidencia para, por una parte, elaborar su concepción de los conocimientos prácticos, y por otra, ilustrar y comprender la forma en que estos conocimientos son sostenidos por la profesora Sarah.

La concepción de conocimiento del profesor de Elbaz parte de reconocer el trabajo docente como una forma de ejercicio de un conocimiento particular que proviene, principalmente, de sus experiencias en el mundo de la enseñanza. Sin embargo, Elbaz aclara que lo que realmente marca estos conocimientos como *conocimientos prácticos*, es la tenencia y los usos diversos que los profesores les dan para hacer frente a las tareas y problemas en el ejercicio docente. La siguiente cita, a nuestro juicio, sintetiza en buena medida la noción de *conocimiento práctico* propuesta por Elbaz (1981):

En este estudio se habla del profesorado como los titulares y usuarios de conocimientos prácticos, porque este término parece abrir un amplio abanico de posibilidades en el estudio del profesorado. Éste refleja claramente el hecho de que los conocimientos del profesorado se basan, en general, en sus experiencias en las aulas y escuelas, y se dirige hacia el manejo de los problemas que surgen en su trabajo. Pero, al mismo tiempo, el término nos recuerda que el saber del profesorado puede ser formulado como “conocimiento” y utilizado para generar una práctica consistente [...] “el conocimiento práctico” es visto como dinámico, basado firmemente en la experiencia personal interior y exterior, y abierto al cambio (p. 67, original en inglés²⁷).

A través de las discusiones con Sarah, Elbaz encuentra cinco categorías de contenidos en las que se pueden agrupar los *conocimientos prácticos* que orientan el trabajo: a) la materia; b) el currículo, la estructuración de las experiencias de aprendizaje y el contenido curricular; c) la enseñanza, la organización de la clase y de técnicas de enseñanza; d) el ambiente, las habilidades e intereses de los estudiantes y del marco social de la escuela, de la comunidad que la rodea; y e) el docente mismo, sus propias fortalezas y debilidades, las cuales se explican, en gran medida, a sí mismas.

También identifica que los conocimientos del profesorado: a) están orientados a un contexto particular, ya que permiten dar sentido y actuar en las diferentes situaciones escolares (*orientación situacional*); b) son socialmente condicionados y desempeñan un papel activo en la estructuración del entorno social de la enseñanza (*orientación social*); c) son significativos para el docente, en la medida en que están ordenados y estructurados dentro de sus experiencias personales (*orientación personal*); d) están estructurados y

27 “In this study teachers were spoken of as being the holders and users of practical knowledge because this term appears to open up a wide range of possibilities in looking at teachers. It clearly reflects the fact that teachers’ knowledge is broadly based on their experiences in classrooms and schools and is directed toward the handling of problems that arise in their work. But at the same time, the term reminds us that what teachers know is capable of being formulated as “knowledge” and of being used to generate consistent practice...it is apparent that “practical knowledge” is seen as dynamic, firmly grounded in the individual’s inner and outer experience, and open to change”.

dirigidos por las experiencias en el mundo de la enseñanza, le dan forma a ese mundo y les permite funcionar en él (*orientación experiencial*); y e) están condicionados por las posturas del docente frente a la teoría (*orientación teórica*).

Y finalmente muestra cómo los conocimientos de Sarah se pueden estructurar a través de los constructos *reglas de la práctica*, los *principios de la práctica* y las *imágenes*: las reglas de la práctica corresponden a enunciados simples que describen los comportamientos del profesor en algunas situaciones rutinarias; los principios prácticos son constructos que el profesor utiliza para orientar o explicar sus acciones, que han sido formulados reflexivamente a partir de las experiencias del profesor, para desarrollar un objetivo particular; y las imágenes se entienden como representaciones mentales que el profesor manifiesta a través de enunciados metafóricos o analogías, que guían su actuación de manera intuitiva.

El conocimiento práctico personal

El concepto de conocimiento práctico también ocupa un lugar destacado en los trabajos de Connelly y Clandinin, sin embargo estas autores reconocen la necesidad de complementar la noción de Elbaz para recoger las historias personales pasadas del profesorado, no solo sus historias en las escuelas; las comprensiones personales del profesorado sobre los asuntos humanos, la dimensión moral y emocional de los conocimientos; las comprensiones culturales que los docentes traen a la clase en una situación particular (Jhonson, 1989), por lo cual prefieren referirse al conocimiento del profesorado como el *Conocimiento Práctico Personal (CPP)*.

Clandinin (1985) en su artículo "*Personal practical knowledge: A study of teachers' classroom images*" [El conocimientos práctico personal: un estudio de las imágenes del profesor sobre la clase] describe el Conocimiento Práctico Personal (CPP) como:

Lo que se entiende por "personal" al caracterizar el conocimiento, es el conocimiento determinado al interior de los participantes, que está imbuido en todo aquello que compone el carácter de una persona. Es el conocimiento que ha surgido de las circunstancias, las acciones y las experiencias que tienen un contenido afectivo para la persona en cuestión. Este uso de "personal" llama la atención sobre los factores contextuales individuales que contribuyen a constituir el carácter, el pasado y el futuro de cualquier persona [...] con la frase "conocimiento práctico personal" se entiende el cuerpo de convicciones, consciente o inconsciente, que ha surgido de las experiencias, íntimas, sociales y tradicionales, y que se expresa en las acciones de una persona

[...] el “conocimiento práctico personal” es el conocimiento que está impregnado de todas las experiencias que conforman el ser de una persona. Su significado se deriva de, y debe entenderse en términos de la historia experiencial de la persona, tanto profesional como personal (p. 362, original en inglés²⁸).

La conceptualización expuesta de los conocimientos docentes como CPP, recoge los principios de “continuidad” de la experiencia y de “interacción” para la construcción de las experiencias, introducidos por Dewey (1939/2004) en sus discusiones pedagógicas sobre la fuerza y valor educativo de una experiencia. El principio de “continuidad” reconoce el carácter temporal de la experiencia, aduciendo que las actitudes –tanto intelectuales como emocionales–, los sentimientos y las formas particulares con las que los individuos hacen frente a sus experiencias presentes están conformadas por experiencias pasadas, y a su vez, que las experiencias presentes sirven de plataforma para las futuras. En palabras de Dewey tenemos que “el principio de continuidad de la experiencia significa que toda experiencia recoge algo de la que ha pasado antes y modifica de algún modo la cualidad de la que viene después” (p. 79).

Por otra parte, el principio de “interacción” llama la atención sobre el carácter social de las experiencias humanas, ya que para Dewey estas “representan contacto y comunicación” (p. 81) entre una persona y su mundo; un mundo, a su vez, configurado por la tradición de las actividades humanas. Adicionalmente este principio es una respuesta dialógica al problema del origen del conocimiento, dado que la experiencia es comprendida como una transacción entre las “condiciones objetivas” –entendidas como los ambientes físicos y sociales en los que se constituyen las experiencias– y las “condiciones internas” –tomadas como las necesidades, propósitos y capacidades del individuo a través de las cuales se construyen las experiencias–. Tanto el principio de “continuidad” como el de “interacción” son interdependientes; es así como los conocimientos y habilidades que un individuo desarrolla durante una experiencia presente, situada en un ambiente físico y social particular, terminan siendo un instrumento para comprender y

28 What is meant by “personal” as defining knowledge is that the knowledge so defined participates in, and is imbued with, all that goes to make up a person. It is knowledge which has arisen from circumstances, actions and undergoings which themselves had affective content for the person in question. This use of “personal” draws attention to the individual local factor which helps to constitute the character, the past, and the future of any individual... By “knowledge” in the phrase “personal practical knowledge” is meant that body of convictions, conscious or unconscious, which have arisen from experience, intimate, social, and traditional, and which are expressed in a person’s actions... “Personal practical knowledge” is knowledge which is imbued with all the experiences that make up a person’s being. Its meaning is derived from, and understood in terms of, a person’s experiential history, both professional and personal”.

tratar una experiencia futura, pero, adicionalmente, estos conocimientos y habilidades tienen una historicidad en la medida en que utilizan como plataforma otras experiencias pasadas, que bien pudieron estar situadas en otros ambientes.

En este mismo trabajo Clandinin (1985) sostiene que los profesores construyen imágenes de sus experiencias a través de las cuales dan sentido a experiencias futuras, imágenes que son elementos constitutivos de conocimientos prácticos basados en las unidades narrativas de sus vidas individuales. La noción de imagen, como construcción central para comprender el conocimiento práctico personal del profesor, es entendida como “un tipo de conocimiento, que toma cuerpo en una persona y está conectado con su presente, pasado y futuro... es la coalescencia en la persona tanto de las experiencias privadas como de las profesionales” que tiene “dimensiones morales y emocionales” (p. 379, original en inglés²⁹).

La exploración de los conocimientos prácticos personales del profesorado en este primer trabajo y en uno posterior titulado “*Developing rhythm in teaching: The narrative study of a beginning teacher’s personal practical knowledge of classrooms*” [Desarrollo del ritmo de la enseñanza: un estudio narrativo del conocimiento práctico personal sobre la clase de un profesor principiante] (Clandinin, 1989), se desarrolla a través de las narrativas. Aunque en estos dos escritos no se presenta una discusión detallada sobre cómo Clandinin entiende las narrativas, en trabajos posteriores elaborados con Connelly (e.g. Connelly y Clandinin, 1998; 2000), los autores discuten de manera profunda el sentido de las narrativas en sus investigaciones. En términos generales, para ellos la narrativa significa tanto el fenómeno como el método de investigación; sin embargo, con la intención de distinguir el origen de las mismas, los autores llaman al fenómeno *historia* y al método *investigación narrativa*. En otras palabras, consideran que los profesores viven y cuentan su historia de la práctica, mientras que los investigadores describen la narrativa de tales vidas. A la base de esta perspectiva está la imagen de la educación y la investigación científica como “la construcción y reconstrucción de las historias personales y sociales; aprendices, profesores e investigadores son narradores y actores de historias propias y ajenas” (Connelly y Clandinin, 1990, p. 2, original en inglés³⁰).

29 “Image... is a kind of knowledge, embodied in a person and connected with the individual’s past, present, and future... is the glue that melds together a person’s diverse experiences, both personal and professional....An imagen has emotional and moral dimensions”..

30 “...the view that education is the construction and reconstruction of personal and social stories; teachers and learners are storytellers and characters in their own and other’s stories”

La idea de que los conocimientos toman cuerpo en la persona y se estructuran a través de narrativas, se constituye en una mirada alternativa a la epistemología tradicional que sugiere una posición dicotómica cuerpo-mente y práctica-teoría (Johnson, 1989).

En primer lugar, la idea de que los conocimientos toman cuerpo en la persona reconoce que no somos una mente con cuerpo, ni un cuerpo con mente, sino que somos una unicidad, de allí que nuestras experiencias corporales influyen en la manera en que conocemos el mundo y viceversa. Desde esta perspectiva los conocimientos docentes terminan siendo un modo de actividad práctica que tiene lugar en espíritus encarnados, que permite a los profesores comprender y transformar su mundo (Johnson, 1989).

En segundo lugar, la idea de que una de las formas en las que se estructuran los conocimientos prácticos personales es a través de narrativas, reconoce que los patrones de las experiencias humanas son también narrativos. Esta forma de conocimientos –que corresponde a uno de los niveles más altos de organización del conocimiento humano– hace parte de la gran continuidad de estructuras cognitivas –desde aquellas que están más claramente basadas en las interacciones corporales hasta las que más claramente están basadas en la imaginación– a través de las cuales los profesores organizan sus experiencias (Johnson, 1989).

Adicionalmente, la investigación narrativa como tal sugiere que los procesos de narración de las historias en las clases y escuelas, por parte del profesorado, tienen una función re-historiadora en el sentido de que posibilitan contar las mismas historias de diferentes maneras, de modo que las narraciones se van recreando y modificando en el tiempo, las situaciones y los contextos, convirtiéndose en una herramienta valiosa para el desarrollo profesional del docente.

Varias críticas han sido presentadas a estos autores, entre las que se destacan las de Willinsky (1989) y Fenstermacher (1994). En su artículo *“Getting personal and practical with personal practical knowledge”* [La obtención de lo personal y práctico dentro de los conocimientos prácticos personales] Willinsky señaló el excesivo énfasis en la individualización en la noción de conocimiento práctico personal y de las investigaciones que la han asumido como categoría de investigación, tanto que, a su criterio, se ha dejado por fuera el efecto de las condiciones sociales e institucionales en la configuración de dichos conocimientos. Willinsky (1989) afirma que “al tratar de recuperar los aspectos del yo en el trabajo del profesor en el aula, me temo

que Clandinin y Connelly perdieron la interdependencia entre la estructura del yo y la sociedad” (p. 257, original en inglés³¹).

Por su parte, Fenstermacher (1994) lanza una serie de críticas contundentes al programa de investigación de estos autores en su artículo “*The knower and the known: The nature of knowledge in research on teaching*” [El conocedor y el conocimiento: la naturaleza del conocimiento en las investigaciones sobre la enseñanza], no obstante solamente nos detendremos en su crítica al estatus epistemológico de los CPP, que hace referencia a la aparente “falta” de estándares de justificación de los mismos. Lo que se critica aquí es el estatus epistémico de los CPP como conocimiento. Para Fenstermacher algunos elementos de los conocimientos prácticos personales corresponden a lo que en el campo de la epistemología se ha denominado como *techné*, *saber-cómo* o *conocimientos de actuación*, y al igual que las afirmaciones de conocimiento del tipo *epistēmē*, *saber-qué* o *conocimiento proposicional*, solamente pueden obtener su estatus epistemológico como conocimiento a través de la justificación³². Por tanto, para que un conocimiento de actuación obtenga su mérito epistemológico, no es suficiente con el desempeño de la habilidad; es necesario también establecer la razonabilidad de la actuación a través de la evidencia que conecta el propósito con el resultado esperado. Desde esta lupa Fenstermacher considera que a este programa le faltan estándares de justificación que permitan dar al conocimiento práctico personal el estatus epistemológico de *conocimientos*, ya que no es suficiente afirmar que los profesores los tienen, que estos son el fruto de sus experiencias personales y profesionales, que se pueden inferir de las historias y las narrativas de vida, para obtenerlo.

Estas críticas influenciaron fuertemente los desarrollos posteriores de estos autores. En primer lugar, emprendieron la tarea de consolidar su perspectiva teórica y presentarla de una manera coherente y detallada en su libro *Narrative inquiry: Experience and story in qualitative research* [Investigación narrativa: la experiencia y la historias en la investigación cualitativa]

31 “Yet in trying to recover the lost aspects of self in the teachers’ work in the classroom, I fear, Clandinin and Connelly would lose this structured interdependence of self and society”.

32 Cabe aclarar que dentro del análisis epistemológico estándar, las afirmaciones de conocimiento obtienen su mérito epistemológico cuando corresponden a creencias verdaderas justificadas. Sin embargo, Fenstermacher considera que dentro del contexto de la investigación educativa se puede aplicar un estándar más modesto para obtener el estatus epistemológico de conocimiento, el de creencia objetivamente razonable. Así una afirmación obtiene su estatus epistemológico como conocimiento “si el titular cree en la proposición y tiene evidencias para demostrar su razonabilidad en relación a otras afirmaciones en competencia” [..the holder believes the proposition and has evidence to establish its reasonableness in relation to other, competing claims] (Fenstermacher, 1994, p. 24)

publicado en el 2000. La crítica sobre el estatus epistémico de los conocimientos prácticos y el carácter centrado en el individuo de los CPP, los motivó a explicitar en sus artículos "*Teachers' professional knowledge landscapes: Teacher stories. Stories of teachers. School stories*" [El paisaje de los conocimientos profesionales: historias del profesorado. Historias sobre los profesores. Historias Escolares] (Connelly y Clandinin, 1996) y "*Teachers' personal practical knowledge and the professional knowledge landscape*" [El conocimiento práctico personal del profesor y el conocimiento del paisaje profesional] (Connelly, Clandinin y He, 1997) que la justificación no debe ser entendida en términos epistemológicos sino socioculturales, como se detalla a continuación.

Para Connelly y Clandinin (1996) es en el contexto del conocimiento profesional que los profesores configuran sus conocimientos prácticos personales, es decir que estos no solo reflejan las historias idiosincráticas de los individuos, sino también las formas canónicas de concebir la realidad escolar de su contexto profesional. Es así como los conocimientos prácticos personales, que son interpretaciones idiosincráticas del mundo escolar, están sometidos constantemente a juicios frente a lo que se considera como conocimiento en ese contexto. Tales juicios, aunque en gran parte están gobernados por criterios racionales, a menudo se encuentran dominados por compromisos morales y estrategias de legitimación del poder.

Bajo esta perspectiva los autores proponen la metáfora del conocimiento del paisaje profesional (Connelly y Clandinin, 1996) para situar los conocimientos prácticos personales en los *contextos* profesionales en que son producidos. Aquí se conceptualiza el contexto de conocimiento profesional a través de esta metáfora, porque permite capturar el sentido de espacio, lugar y tiempo, las relaciones entre personas, lugares, y objetos, y los compromisos intelectuales y morales. Adicionalmente, se ubica al conocimiento del paisaje profesional en la interfaz entre la teoría y la práctica, porque sirve como conducto entre las ideas teóricas, los mandatos, las prescripciones y las prácticas de aula.

Así pues, las relaciones dinámicas entre el conocimiento práctico personal del profesor y el conocimiento profesional se pueden comprender en términos de las historias sagradas, secretas y encubiertas (Connelly y Clandinin, 1996; Connelly, Clandinin y He, 1997). En los espacios comunales del paisaje profesional existen historias *sagradas*, compartidas por toda la comunidad, sobre el deber ser de la escuela, de la enseñanza y del aprendizaje, que se fundamentan en la investigación científica y en la política pública; historias que legitiman su estatus sagrado en el racionalismo técnico (Schön, 1983/1998), que concibe el ejercicio de la

docencia como una práctica conducida teóricamente, y en la condición normativo-sancionativa de la política pública. Sin embargo, al interior de las aulas de clase, en la relativa libertad que ofrece este recinto, el profesor vive historias secretas de su práctica; cuando se mueve nuevamente al exterior, por lo general vive y cuenta historias encubiertas sobre su práctica, que encajan con las que se espera se vivan en esa escuela en particular, es decir que están en armonía con las formas canónicas de su contexto profesional.

En suma, la noción de conocimiento práctico introducida por Elbaz y de conocimiento práctico personal de Connelly y Clandinin, nos aportan un gran número de elementos para la composición de nuestra conceptualización sobre los conocimientos docentes. En primer lugar, estos autores nos permiten asumir una relación dialógica del conocimiento del profesorado en relación a la tradicional dicotomía **persona-contexto**, dado que la idea de situar los conocimientos prácticos personales en los conocimientos del paisaje profesional, muestra cómo los conocimientos **encarnados en los profesores** estructuran y son estructurados por los **contextos sociales y culturales de la práctica profesional**. En segundo lugar, la noción de conocimiento encarnado nos permite superar la dicotomía **pensamiento-acción**, o **mente-cuerpo**, en virtud de reconocer una relación **recíproca entre lo corporal y la manera como conocemos el mundo**. En tercer lugar, la idea de continuidad de la experiencia nos permite establecer una **interrelación entre el pasado, el presente y el futuro**, de las experiencias personales y profesionales y de los conocimientos de ellas. En cuarto lugar, la idea de que una de las formas en que se estructuran dichos conocimientos es a través de **unidades narrativas**, nos permite complementar la idea de Schön que sugiere que los saberes docentes están en la acción del maestro, reconociendo que también están en sus **narrativas** y que estas se relacionan con los conocimientos en acción dada la reciprocidad del pensamiento y la acción.

La base de conocimientos para la enseñanza

Otro elemento que resulta fundamental para una adecuada conceptualización de los conocimientos del profesorado son las reflexiones de Shulman (1987/2001) sobre los conocimientos para la enseñanza, y de manera particular su categoría *conocimiento pedagógico del contenido (PCK)*. A mediados de la década de los ochenta, Shulman (1986/1989), en su revisión *“Paradigmas y programas de investigación en el estudio de la enseñanza: una perspectiva contemporánea”*, sugiere que dentro del programa

del pensamiento del profesor³³ hace falta preguntarse por el contenido de dichos pensamientos y su relación con la enseñanza, como se detalla en la siguiente cita: “donde el programa sobre la cognición del profesor ha fallado evidentemente es en la dilucidación de la comprensión cognitiva del contenido de la enseñanza” (1986/1989, p. 65). En este primer trabajo, el autor distingue tres clases de conocimiento de contenidos necesarios para desarrollar con competencia la docencia: el conocimiento de la materia a enseñar, el conocimiento pedagógico y el conocimiento curricular.

En un artículo posterior denominado “Conocimiento y Enseñanza”, Shulman (1987/2001) desarrolla con mayor amplitud la reflexión sobre el contenido de las cogniciones del profesorado. A partir de las características de la docencia, las investigaciones sobre enseñanza eficaz, y de los resultados de las investigaciones empíricas con profesores novatos y expertos, Shulman (1987/2001) propone una “base de conocimientos” para desempeñar con “eficacia” la labor docente, y señala cuáles son los ámbitos de saber académico y de la experiencia desde los cuales los profesores extraen su comprensión sobre la enseñanza, o las fuentes de dichos conocimientos, y la forma en que estos contenidos condicionan los procesos de acción y razonamiento pedagógico del profesorado.

La base de conocimientos propuesta por Shulman (1987/2001) contempla siete conocimientos diferentes: a) el conocimiento del contenido; b) el conocimiento pedagógico general; c) el conocimiento curricular; d) el Conocimiento Pedagógico del Contenido (*Pedagogical Content Knowledge, PCK*); e) el conocimiento de los estudiantes; f) el conocimiento del contexto educativo; y g) el conocimiento de los objetivos, valores y finalidades educativas, así como de sus fundamentos filosóficos e históricos, que de manera simplificada denominaremos metaconocimientos educativos³⁴.

33 Para algunos autores (e.g. Clark y Peterson, 1986/1990 y Marcelo, 1987) la preocupación por el pensamiento del profesor se constituyó como programa de investigación, de reconocimiento internacional, durante el congreso “*National Institute of Education*” [Instituto Nacional de Educación] celebrado en 1975. En este evento, los participantes de la mesa de trabajo “*Teaching as Clinical Information Processing*” [La enseñanza como clínica del procesamiento de la información], de la cual Shulman hizo parte, reconocieron que el objetivo de sus investigaciones era “*la descripción de la vida mental de los profesores, sus antecedentes y consecuentes*” (Marcelo, 1987, p. 14), apoyados en la concepción del “*profesor como un agente, un clínico que toma decisiones, reflexiona, emite juicios, tiene creencias, actitudes, etc.*” (p. 14). Para estos investigadores, los procesos cognitivos del profesor (expectativas, percepciones, juicios, etc.) son influidos por unos antecedentes cognitivos, de naturaleza interna (creencias y conocimientos) y externa (indicio y expectativas de rol), y tiene consecuencias directas en la enseñanza, bien sea en la planificación de las actividades de la clase –“*enseñanza pre-activa*” (Jackson, 1968/1994)– o en el desarrollo de las mismas –“*enseñanza interactiva*”– (Jackson, 1968/1994), y por tanto en los conocimientos, actitudes y destrezas de los alumnos (Marcelo, 1987).

34 Aunque Shulman no denomina a los conocimientos de los objetivos, valores y finalidades educativas, así como de sus fundamentos filosóficos e históricos como metaconocimientos, en un trabajo posterior Bromme (1988) acuña este término para referirse a ellos de manera simplificada.

Para Shulman las fuentes de estos conocimientos, entendidas como los ámbitos de saber desde los cuales los profesores extraen su comprensión sobre la enseñanza, son cuatro: a) la formación académica en la disciplina a enseñar; b) las estructuras y materiales didácticos; c) los estudios académicos sobre educación; y d) la práctica profesional.

En las reflexiones planteadas por Shulman (1986/1989, 1987/2001) en estos dos artículos, no se presenta una conceptualización explícita sobre los conocimientos docentes, sin embargo, si interrelacionamos los postulados básicos de psicología cognitiva³⁵ que enmarcan sus investigaciones, podemos admitir que para este autor los conocimientos del profesorado corresponden a representaciones que el maestro elabora sobre las realidades educativas almacenadas en su mente, que condicionan sus procesos de pensamiento y por tanto sus acciones docentes.

A diferencia de los programas de investigación de Elbaz y Connelly y Clandinin, el programa de investigación de Shulman es fundamentalmente normativo. Por esta razón propone que para desempeñar con eficacia la labor docente, las representaciones sobre la realidad educativa deben contemplar información sobre la disciplina, la pedagogía, el currículo, los estudiantes, la didáctica, el contexto educativo y los metaconocimientos educativos. Adicionalmente, considerando que los procesos de razonamiento de los docentes subyacen a sus acciones pedagógicas, propone que los programas de formación deben apuntar al desarrollo de profesores que “razonen bien sobre lo que enseñan” (p. 182). Razonar bien requiere una reflexión informada sobre lo que se está haciendo, con tal suerte que las justificaciones que orientan la selección de alternativas para la acción estén apoyadas en una base de conocimientos sólida, y no en principios arbitrarios o idiosincrásicos.

El conocimiento pedagógico del contenido (PCK)

En la base de conocimientos propuesta por Shulman (1987/2001), uno de los siete conocimientos referidos es el *Conocimiento Pedagógico del Contenido*. Esta forma de conocimiento merece un análisis más pormenorizado, dado el gran número de investigaciones que se han orientado a su estudio (De Jong y Van Driel, 2004; Drechsler y Van Driel, 2008; Garritz

35 Desde la perspectiva del pensamiento del profesor –que utiliza la metáfora *el hombre como un ordenador* y que, por tanto, conceptualiza las cogniciones en términos de proceso y estructuras– los docentes construyen *representaciones mentales* singulares de los campos de estímulos o experiencias con el mundo educativo y los sujetos que lo constituyen, y las configuran como estructuras (Marcelo, 1987). Independientemente de la forma en la cual las representaciones se estructuran, los conocimientos corresponden a información configurada en estructuras que se almacenan en la mente de los individuos y que se emplean para desarrollar los procesos de pensamientos.

y Trinidad, 2006; Grossman, 1990; Gudmundsdóttir y Shulman, Halim y Meerah, 2002, 1986/2005; Loughran, Milro, Berry, Gunstone y Mulhall, 2001; Loughran, Mulhall y Berry, 2004; Mulhall, Berry y Loughran, 2003; Reyes y Garritz, 2006; Sperandeo-Mineo, Fazio y Tarantino, 2005).

La noción de PCK fue introducida por Shulman para hacer referencia al conocimiento fruto de la interacción entre los conocimientos pedagógicos generales y los conocimientos de la materia o disciplina; de acuerdo con el autor, el PCK es una “*amalgama entre materia y pedagogía*” (1987/2005, p. 10). Se prefiere el término *amalgama* al de *mezcla* –a pesar de que en la traducción estos dos términos se pueden usar como sinónimos– porque hace referencia a que el conocimiento pedagógico del contenido es el producto de una reacción química y no una mezcla física –siguiendo a Porlán y Rivero (1998)– entre el conocimiento de la materia y el conocimiento pedagógico. De esta manera, el conocimiento pedagógico del contenido se constituye en un conocimiento exclusivo del profesorado, que los distingue de los pedagogos o de los expertos en la disciplina.

Para Shulman (1986/1989) los PCK implican conocimientos sobre: a) los estudiantes –sus dificultades de aprendizaje en relación a contenidos disciplinares específicos– y b) las estrategias didácticas –las formas en que se puede organizar, secuenciar y presentar este contenido acorde con los diversos intereses y habilidades de los estudiantes–.

Una de las críticas a la noción de PCK propuesta inicialmente por Shulman (1986/1989) fue planteada por Sockett (1987), quien señala que esta conceptualización deja por afuera aspectos esenciales de la enseñanza como lo moral, lo emocional y contextual. De manera específica Shulman no ha desarrollado trabajos que respondan a estos cuestionamientos, sin embargo, los trabajos de autores como Geddis (en Barnett y Hodson, 2001), y Zembylas (2007) atienden a estas críticas y aportan profundidad a la noción de PCK propuesta inicialmente por Shulman (1987/2001), como se detalla a continuación.

Por una parte, el trabajo de Gediss sobre las diferencias entre el PCK de un profesor novato y un profesor experimentado de ciencias, del nivel secundario, si bien concuerda con los resultados de Shulman y Gudmundsdóttir (1990/2005) que indican que la experiencia desempeña un papel fundamental en la configuración de los PCK, da un paso adelante al reconocer su carácter contextual. Para Gediss cada profesor conforma su PCK en respuesta a las situaciones específicas de su contexto escolar: las singularidades de su currículo, sus estudiantes, su escuela, entre otros.

Por otra parte, el trabajo de Zembylas (2007) nos proporciona una interesante reflexión sobre las relaciones entre el PCK y el conocimiento emocional. Desde una perspectiva sistémica este autor ofrece un marco teórico para la comprensión del papel del conocimiento emocional en la enseñanza y la dimensión emocional del PCK. De manera general, define tres planos emocionales del PCK interrelacionados: a) el individual, donde se ubican las conexiones emocionales del profesor con la materia de estudio, las actitudes y creencias sobre la enseñanza y el aprendizaje, la visión filosófica de la educación y su propia conciencia emocional; b) el relacional, donde se establecen las filiaciones con los estudiantes, con sus experiencias emocionales y el conocimiento de las mismas, la empatía, el clima emocional de la clase y las interacciones sociales emocionales; y c) el socio-político, que corresponde a los conocimientos emocionales del contexto institucional/cultural (relaciones de poder), comprensión emocional de las discusiones curriculares, de las políticas emocionales de la pedagogía, así como de los discursos sobre la disciplina.

Desde la introducción de la categoría PCK variados son los estudios que han apuntado a su reconceptualización; de manera particular Grossman (1989/2005) redefinió el PCK agregándole dos componentes: los conocimientos del currículo y los contextos de aprendizaje, como se enuncia en la siguiente cita:

Esta forma de conocimiento llamada Conocimiento Pedagógico del Contenido (Pedagogical Content Knowledge) incluye concepciones de lo que significa enseñar una materia particular, el conocimiento de los materiales curriculares y el currículo en un ámbito particular, el conocimiento en cuanto a la comprensión de los estudiantes y las posibles malas comprensiones de un área, y el conocimiento de estrategias instructivas y representaciones para la enseñanza de tópicos particulares (p. 3).

Para el caso específico del profesorado de ciencias, Barnett y Hodson (2001) desglosan un poco los conocimientos propuestos por Grossman al afirmar que los PCK:

incluyen aspectos tales como saber establecer las metas de enseñanza, organizar la secuencia de las lecciones dentro de un curso coherente, conducir las lecciones, introducir temas particulares y asignar el tiempo para un tratamiento satisfactorio de todos los conceptos significativos. Incluye conocimiento sobre la mejor forma posible de presentar un concepto o idea particular, sobre cómo ejemplificar un asunto teórico importante y cómo relacionarlo con lo que los estu-

diantes ya saben; así como una “maleta de los trucos” y mecanismos de motivación que pueden ser utilizados para centrar la atención de los estudiante (p. 438, original en inglés³⁶).

Adicionalmente, Barnett y Hodson (2001) nos recuerdan que la génesis de dichos conocimientos se encuentra en los diferentes planos de la experiencia profesional, tales como las vivencias en las clases, las conversaciones con colegas, los procesos de reflexión sobre las acciones y narrativas propias y de los colegas, la participación en encuentros académicos y la revisión de la literatura específica sobre la enseñanza de una disciplina particular.

Hashweh (2005) también propone una nueva reconceptualización del PCK al entenderlo como:

un sistema o repertorio de construcciones pedagógicas específicas a un tema de enseñanza, de carácter privado y personal, basadas en eventos y narrativas, que el profesor experimentado ha desarrollado como resultado de la reiteración en planeación y enseñanza, así como de la reflexión sobre la enseñanza de los temas que regularmente trabaja (1985, en Hashweh, p. 277, original en inglés³⁷).

Para Hashweh (2005) esta reconceptualización contiene de manera implícita las siguientes afirmaciones:

(1) PCK representa conocimientos personales y privados; (2) PCK es una colección de unidades básicas llamadas construcciones pedagógicas del profesor; (3) Las construcciones pedagógicas del profesor son el resultado, principalmente, de la planeación, pero también de las fases interactivas y post-activas de la enseñanza; (4) Las construcciones pedagógicas resultan de un proceso inventivo que es influenciado por la interacción de diversas categorías como conocimiento y creencias; (5) Las construcciones pedagógicas se constituyen simultáneamente por dos clases de memoria: una basada en eventos y otra en narrativas; (6) Las construcciones pedagógicas son específicas al tema; y (7) Las construcciones pedagógicas están (o deben idealmente estar)

36 *“It includes such things as knowing how to set teaching goals, organize a sequence of lessons into a coherent course, conduct lessons, introduce particular topics, and allocate time for satisfactory treatment of all significant concepts. It includes knowledge of how best to present particular concepts and ideas, how to exemplify important theoretical issues and relate them to what students already know; as well as the teacher’s “bag of tricks” and motivational devices that can be used when student attention is wavering...It is acquired largely through experience, discussion with more experienced colleagues, imitation, reflection on things seen and heard, attendance at professional conferences, and reading teacher journals”.*

37 *“Pedagogical content knowledge is the set or repertoire of private and personal content specific general event-based as well as story-based pedagogical constructions that the experienced teacher has developed as a result of repeated planning and teaching of, and reflection on the teaching of, the most regularly taught topics”.*

etiquetadas de maneras múltiples e interesantes, que las conectan con otras categorías y subcategorías del conocimiento y creencias del profesor (p. 273, original en inglés³⁸).

La primera de estas afirmaciones sugiere que los PCK son personales en la medida en que las experiencias de cada maestro también lo son, y privados en virtud de que son principalmente tácitos. Sin embargo, al igual que Schön y Clandinin y Connelly, sugiere la posibilidad de hacerlos públicos a través de diversos procesos reflexivos, como la observación y la conversación con los profesores, que permita la identificación de los conocimientos en acción y la reconstrucción de las narrativas, y la utilización de grabaciones de las actuaciones del profesorado en las clases, en particular de sus acciones ante situaciones problemáticas, para utilizarlas en procesos de estimulación del recuerdo.

La segunda afirmación tiene a su base la metáfora de la composición molecular de la materia, en donde la materia como un todo es descompuesta en componentes más pequeños, las moléculas, y estas a su vez son descompuestas en componentes aún más pequeños, los átomos. Retomando esta metáfora Hashweh propone que el PCK, como un todo, puede ser comprendido como un sistema complejo de unidades más pequeñas que corresponden a construcciones pedagógicas sobre un tema particular, que dentro de la metáfora representarían las moléculas.

La tercera afirmación destaca el lugar de la planeación como proceso reflexivo antes y después de las clases, y la enseñanza interactiva de un tema particular en la génesis de los PCK. Para Hashweh, es a través de la reiteración en los procesos reflexivos de planeación y enseñanza de un tema específico que los profesores enriquecen sus construcciones en relación a: los objetivos de enseñanza para un grado escolar particular; la utilización de un tema para enfatizar los conocimientos sintácticos y sustantivos fundamentales de la disciplina; el reconocimiento de otras ideas que se pueden utilizar para la comprensión de dichos conocimientos; las comprensiones previas de los estudiantes sobre un tema y las formas más apropiadas de vincular dichas comprensiones en la enseñanza; las formas de representación de los conocimientos, como analogías, metáforas, ejemplos, demostra-

38 *"(1) PCK represents personal and private knowledge; (2) PCK is a collection of basic units called teacher pedagogical constructions; (3) teacher pedagogical constructions result mainly from planning, but also from the interactive and post-active phases of teaching; (4) pedagogical constructions result from an inventive process that is influenced by the interaction of knowledge and beliefs from different categories; (5) pedagogical constructions constitute both a generalized event-based and a story-based kind of memory; (6) pedagogical constructions are topic specific; and (7) pedagogical constructions are (or should ideally be) labeled in multiple interesting ways that connect them to other categories and subcategories of teacher knowledge and beliefs".*

ciones, actividades, entre otras, más apropiadas a un tema específico; y las mejores formas para valorar las comprensiones, conocimientos y habilidades de los estudiantes en un tema particular.

La cuarta afirmación indica que las unidades del PCK, es decir las construcciones pedagógicas sobre un tema específico, son el resultado de una construcción particular del profesor que involucra la interacción de diferentes categorías de conocimientos, entre las que se destacan conocimientos y creencias sobre los objetivos, propósitos y la filosofía de la enseñanza, el contenido de enseñanza, el currículo, los recursos, el contexto, la pedagogía, y la enseñanza y aprendizaje; y diferentes formas de conocimientos que usualmente se conciben como dicotomías: teóricos-prácticos, declarativos-procedimentales, paradigmáticos-narrativos, emocionales-cognitivos.

La quinta afirmación se soporta en las teorizaciones de Schank (2000, en Hashweh, 2005) sobre la composición de la memoria. Para Schank es posible pensar que la información se organiza a través de dos diferentes formas de memoria: la “memoria basada en eventos”, que es un concepto bastante cercano a la idea de memoria semántica de la psicología cognitiva, y la “memoria basada en narrativas”, que es un concepto familiar a la memoria episódica. Proyectando estas ideas a los PCK, Hashweh propone que una de las formas en que los profesores adaptan y organizan sus construcciones pedagógicas sobre un tema particular es a través de “esquemas”³⁹ y “guiones”⁴⁰ que almacenan en su memoria basada en eventos. Un profesor que constantemente planifica y enseña un tema específico, desarrolla guiones que describen la secuencia de los acontecimientos para se enseñanza; también configura esquemas sobre los conocimientos previos y las dificultades académicas que los estudiante suelen tener, y la formas más apropiadas de vincular dichos conocimientos y apoyar el aprendizaje de los estudiantes, entre otros. Estos esquemas y guiones corresponden a segmentaciones que los profesores construyen de sus experiencias y son almacenados en su memoria de eventos, unidad por unidad, sin constituir un todo coherente. Adicionalmente, los profesores también organizan y adaptan sus construcciones pedagógicas sobre un tema de enseñanza a través de narrativas que almacenan en su memoria basada en narrativas. Estas permiten a los profesores recordar una secuencia de eventos, como un todo coherente, en relación a la enseñanza de un tema específico.

39 Dentro de la psicología cognitiva, los esquemas corresponden a representaciones generales de un campo de estímulos (conocimientos) que incluyen especificaciones de las relaciones que existen entre sus atributos, así como ejemplos específicos o instancias de ese campo (Greca, 2005).

40 Dentro de la psicología cognitiva, los guiones son entendidos como la representación de una secuencia ordenada de eventos dentro de un contexto determinado que permiten a los individuos comportarse adecuadamente y conseguir sus propósitos en un determinado contexto (Greca, 2005).

La sexta y séptima afirmación hacen referencia a la forma en que se configura el sistema complejo del PCK a través de sus subunidades, las construcciones pedagógicas específicas. Dichas construcciones son particulares a determinado tema, de allí que el PCK esté constituido por un gran número de ellas. Pero para que este sistema logre coherencia, es necesario que dichas construcciones –bien sea que correspondan a guiones, esquemas o narrativas– se integren y organicen en la estructura de la memoria. Dicha integración y organización no es jerárquica sino compleja, dado que cada una de las construcciones pedagógicas se etiqueta de múltiples maneras para que se pueda acceder a ella a través de los diversos caminos tejidos en la red de PCK.

En definitiva la noción *conocimiento pedagógico del contenido*, introducida por Shulman (1987/2001), nos permite identificar que los conocimientos del profesorado son **específicos a los temas de enseñanza**. Estos conocimientos corresponden a uno de los tantos repertorios de conocimientos que los profesores construyen a través de sus experiencias personales y profesionales, en constante diálogo entre el tema que se va a enseñar y las singularidades de los contextos de enseñanza. Dichos conocimientos no pueden ser reducidos solamente a una cuestión pedagógica, porque están altamente influenciados por la naturaleza del contenido de la materia a enseñar. Por ejemplo, para el caso de enseñanza de las ciencias, la naturaleza de las ideas científicas influye en las diferentes formas de presentar y diseñar actividades de aprendizaje, por una parte, por la singularidad de la relación entre las diferentes ideas científicas y las comprensiones previas de los estudiantes sobre dichas ideas, y por otra, por la necesidad de un proceso de transformación, por parte del profesor, de las ideas complejas de las ciencias para hacerlas accesibles a los estudiantes ante la tensión de las distorsiones y las simplificaciones exageradas (Barnett y Hodson, 2001).

Los saberes docentes

Para finalizar este mosaico se retomarán las interesantes discusiones presentadas por Tardif (2004) en su libro *Los saberes del docente y su desarrollo profesional*. Estas reflexiones se han dejado para el cierre de esta composición no solo porque cronológicamente ocupen el último lugar de aparición en relación con los demás autores presentados, sino porque recogen, en buena medida, muchas de las reflexiones presentadas, y por consiguiente se constituyen por sí solas en una especie de síntesis.

En este libro Tardif emprende la maratónica tarea de sistematizar los conocimientos que sirven de base al oficio del profesor. Sistematización que,

a diferencia de la de Shulman, ubica el problema del conocimiento profesional en el contexto de las realidades sociales, educativas y humanas del ejercicio de la docencia.

Inicialmente es pertinente hacer la claridad de que Tardif presenta esta discusión en términos de *saberes* y no de conocimientos. En su esfuerzo por distanciarse de la escuela norteamericana, que reduce el conocimiento a estructuras y procesos mentales, y gracias a las bondades de las lenguas romances, Tardif prefiere acuñar el término *saber profesional de los docentes* en lugar del de conocimiento profesional. Lo que se significa aquí *saber*, son los conocimientos, habilidades y actitudes –lo que en el campo de la epistemología suele denominarse *saber, saber hacer, y saber ser*–, y lo que se significa *saber profesional* son “los saberes movilizados y empleados en la práctica cotidiana [del profesor], saberes que proceden de ella, de una u otra forma, y que sirven para resolver los problemas de los docentes en ejercicio, dando sentido a las situaciones de trabajo que le son propias” (p. 45).

De manera particular, este autor llama la atención sobre el *carácter social* de los saberes profesionales de los docentes, argumentando que estos son sociales porque son compartidos por un colectivo profesional; se legitiman, orientan y usan por el sistema de negociaciones entre los diferentes grupos que cruzan la escuela; sus objetos son prácticas sociales; evolucionan con el tiempo y los cambios sociales y se adquieren en el contexto de la socialización profesional. Adicionalmente, también hace hincapié en el carácter individual de los saberes profesionales; el saber docente es un saber social que se encuentra encarnado en actores individuales, que lo han incorporado, adaptado y transformado en su práctica profesional. Con el fin de capturar el carácter social e individual de los saberes docentes como un todo, Tardif ubica el saber profesional del docente en la interfaz entre lo social y lo individual.

Estos saberes profesionales docentes se caracterizan porque son temporales, plurales y heterogéneos, porque están personalizados y situados, y porque llevan las señales del ser humano.

Cuando se resalta que los saberes docentes son temporales, lo que se quiere indicar es que se adquieren con el tiempo, por lo menos en tres sentidos: en primer lugar, muchos de los saberes profesionales provienen de la historia de vida del profesorado, en particular de su historia de vida escolar; en segundo lugar, los primeros años del ejercicio profesional son fundamentales para la configuración de los saberes profesionales que estructuran la práctica; y en tercer y último lugar, los saberes docentes se utilizan y

desarrollan en un proceso de vida profesional de larga duración, que tiene fases y transformaciones, y que hace parte de los procesos de socialización y construcción de identidad profesional.

La afirmación de que los saberes profesionales de los docentes son plurales y heterogéneos, también es hecha en tres sentidos: el primero de ellos hace referencia a la diversidad de fuentes de saber, entre las que sobresalen la cultura personal del profesor, su historia de vida y su cultura escolar previa, los conocimientos disciplinares adquiridos en su formación inicial universitaria, los conocimientos pedagógicos del contenido y los que provienen de la formación profesional, los programas curriculares que se difunden en los planes de estudio, guías y manuales escolares, su propio saber fruto de las experiencias docentes, las experiencias de otros docentes y las tradiciones del oficio; el segundo indica que el saber profesional docente es ecléctico y sincrético, su coherencia no está dada en términos de una unidad teórica sino pragmática y biográfica; en otras palabras, un docente no tiene una única teoría de su práctica, sino muchas que se movilizan dependiendo de los objetivos propuestos; el tercero y último denota que los saberes docentes son variados porque variados son los objetivos que se traza el maestro en la clase –sociales, cognitivos, o colectivos–; así, para cumplir con cada uno de ellos y hacer frente a las contingencias de la actividad, el docente debe movilizar diferentes repertorios de saberes.

Cuando se indica que los saberes profesionales docentes están personalizados y situados, se está destacando, por una parte, que los docentes son actores sociales, con historia de vida, emociones, cuerpo, poderes, una o varias culturas y sistemas cognitivos, y que por tanto sus saberes no son objetivados sino apropiados, incorporados y subjetivados; que no se pueden disociar de la persona. Por otra, que dichos saberes son construidos y utilizados en situaciones concretas de los contextos de trabajo del profesor, por lo que no tienen un carácter de transferencia y generalización, como sí lo tienen los conocimientos producidos por la investigación científica, ya que solamente cobran sentido dentro de esas situaciones particulares.

La aserción de que los saberes docentes llevan el sello de la actividad humana, destaca el hecho de que el objeto de trabajo de los docentes está constituido por el individuo, lo que implica un componente ético y emocional del saber profesional. Este sello se muestra en la sensibilidad que desarrollan los maestros para conocer y comprender a sus alumnos en sus individualidades, en la disponibilidad afectiva y la capacidad de discernir sus propias emociones y valores, y en el desarrollo de habilidades interpersonales que le permiten motivar a sus estudiantes, bien sea a través de la persuasión, la seducción, la retórica, la recompensa, los castigos, entre otros.

Después de esta discusión y a manera de síntesis, retomamos el modelo tipológico propuesto por Tardif en el que identifica y clasifica los saberes que los maestros movilizan en el ejercicio de su práctica docente (Tabla 1).

Tabla 1. Los saberes de los docentes (Tardif, 2004, p. 48)

Saberes de los docentes.	Fuentes sociales de adquisición.	Modos de integración en el trabajo docente.
Saberes personales de los docentes.	La familia, el ambiente de vida, la educación en sentido lato, etc.	Por historia de vida y por socialización primaria.
Saberes procedentes de la formación anterior.	La escuela primaria y secundaria, los estudios post-secundarios no especializados, etc.	Por formación y por la socialización pre-profesional.
Saberes procedentes de la formación profesional para la docencia.	Los establecimientos de formación del profesorado, las prácticas, los cursos de reciclaje, etc.	Por formación y por la socialización pre-profesional en las instituciones de formación del profesorado.
Saberes procedentes de los programas y libros didácticos utilizados en el trabajo.	La utilización de las "herramientas", de los docentes: programas, libros didácticos, cuadernos de ejercicios, fichas, etc.	Por la utilización de las herramientas de trabajo y su adaptación a las tareas.
Saberes procedentes de su propia experiencia en la profesión, en el aula y en la escuela.	La práctica del oficio en la escuela y en el aula, la experiencia de los compañeros, etc.	Por la práctica de trabajo y por la socialización profesional.

La anterior tabla explica claramente los saberes docentes, sus fuentes sociales de adquisición y los modos de integración al trabajo docente. No obstante, nos detendremos un poco en la conceptualización de los saberes experienciales de este autor, que bien recoge muchos de los planteamientos señalados por Elbaz, y Connelly y Clandinin.

Podemos llamar saberes experienciales [dice Tardif] al conjunto de saberes actualizados, adquiridos y necesarios en el ámbito de la práctica de la profesión y que no provienen de las instituciones de formación

ni de los currículos. Estos saberes no están sistematizados en doctrinas o teorías. Son prácticos (y no de la práctica: no se superponen a la práctica para conocerla mejor, sino que se integran en ella y forman parte de ella en cuanto práctica docente) y forman un conjunto de representaciones a partir de las cuales los educadores interpretan, comprenden y orientan su profesión y su práctica cotidiana en todas sus dimensiones. Constituyen, por así decir, la cultura docente en acción (p. 37).

A esta conceptualización subyacen las siguientes afirmaciones: a) los saberes experienciales están ligados a las funciones de los docentes; b) son condicionados por la actividad docente y están al servicio de la acción; c) se generan y movilizan en el ámbito de las interacciones docentes y otros agentes educativos; d) descansan en un repertorio variado de conocimientos y saber hacer, provenientes de diversas fuentes, lugares y momentos; e) se movilizan y utilizan en función de los contextos y las contingencias de la práctica; f) están impregnados del comportamiento de los actores, sus reglas y hábitos, así como de su conciencia discursiva; g) están ligados a las historias vitales del profesorado; h) son abiertos, porosos y permeables; i) están ligados a las personalidades del profesorado; j) están poco formalizados en la conciencia discursiva, son mucho más una conciencia en trabajo; k) se transforman y se construyen en el ámbito de la carrera y la historia de vida; l) son sociales y construidos por el actor en la interacción con la cultura circundante de las organizaciones educativas, de la universidad.

En resumidas cuentas, las reflexiones de Tardif sobre los saberes docentes nos ofrecen una serie de elementos fundamentales para la conceptualización de los conocimientos docentes, que permiten superar las tradicionales posturas dicotómicas **pensamiento-acción; individuo-sociedad; presente-pasado**. En primer lugar, su idea de conceptualizar los conocimientos docentes con el término de **saber** permite superar las tradicionales dicotomías de las ciencias cognitivas que distinguen entre conocimientos proposicionales y conocimientos procedimentales; en segundo lugar, el hecho de ubicar los conocimientos en la **interfaz entre lo individual y lo social**, permite superar la tradicional postura epistemológica que reclama, por un parte, el carácter individual de los conocimientos, y por otra, por su carácter social; y en tercer lugar, su idea de **temporalidad** admite la transformación de los saberes docentes en el tiempo, pero a su vez las complejas interrelaciones presente-pasado.

Adicionalmente, las ideas de este autor llaman nuevamente la atención sobre el carácter **tácito** de los conocimientos docentes, manifiesto en las acciones docentes, y a su vez **narrativo**, presente en la conciencia discursiva de los docentes; el carácter **específico a los contexto** de dichos co-

nocimientos, en el sentido **situacional**, dado que dichos conocimientos se configuran como respuesta a las situaciones específicas de las clases, particularmente las contingentes, y en el sentido **comunitario**, dado que son respuesta a las múltiples comunidades sociales y culturales que permiten al docente la adjudicación de sentido; el carácter **heterogéneo** de los conocimientos docentes en relación a sus fuentes, su coherencia pragmática y biográfica, y sus objetivos; y la diversidad de **planos de la experiencia** a través de los cuales se constituyen los conocimientos, los cuales van desde las experiencias de educación en el sentido lato, pasando por situaciones escolares como estudiante de las escuelas primaria, secundaria y la universidad, hasta las vivencias escolares como profesionales.

Comentarios finales

Una vez presentado este mosaico, a manera de síntesis, recogeremos los rasgos más representativos de los conocimientos docentes que han sido expuestos por los diferentes autores. Para ello, inicialmente debemos situar los conocimientos docentes dentro del ejercicio de una forma particular de profesión práctica, como lo sugieren Schwab (1969, 1971) y Schön (1983/1988; 1987/1992; 1992, 1996). Una profesión que se orienta a la solución de los problemas que surgen del currículo en acción, problemas complejos, inciertos, inestables, singulares, y que implican conflictos de valor, los cuales no son susceptibles de solución aplicando de manera técnica el conjunto de reglas generalizadas, descritas por las ciencias sociales y del comportamiento humano que estudian el fenómeno educativo.

Si la docencia es una profesión práctica, de lo cual estoy convencida, entonces sus practicantes deben construir un conjunto de conocimientos para hacer frente a los problemas a los que se ven abocados en su ejercicio profesional. Dichos conocimientos no pueden ser reducidos a lo sintáctico y sustantivo de las ciencias que estudian el fenómeno educativo, ni a los conocimientos de las disciplinas particulares que se enseñan, tales como la física, el lenguaje o la historia. No. Los conocimientos docentes son el cuerpo de saberes que diferencian a un profesor de un experto en psicología, sociología, historia, antropología y filosofía de la educación, o de un experto en física, química, matemáticas, etc.

Cuando se plantea que los docentes poseen una forma particular de conocimientos parece oportuno preguntarse *¿cuáles son los orígenes de dichos conocimientos?, ¿hacia dónde se orientan?, ¿cómo se expresan?, ¿cuáles son sus características?*

En relación a la pregunta *¿cuáles son los orígenes de los conocimientos docentes?*, la mayoría de los autores que hacen parte de este mosaico –si no todos– explicitan que su **génesis** se encuentra en los diferentes planos de las **experiencias** del profesorado (Barnett y Hodson, 2001; Clandinin, 1985, 1989; Elbaz, 1981; Hashweh, 2005; Schön, 1983/1988; 1987/1992; 1992, 1996; Schwab, 1969, 1971; Shulman, 1986/1989, 1987/2001; Tardif, 2004). Experiencias tanto personales como profesionales, entre las que se destacan: las experiencias en el ambiente de vida familiar; las experiencias como estudiantes en la escuela primaria, secundaria y la universidad; las experiencias profesionales en las escuelas y las clases; las experiencias de las colegas; las experiencias de utilización y adaptación de materiales didácticos (Barnett y Hodson, 2001; Shulman, 1986/1989, 1987/2001; Tardif, 2004).

En cuanto a la pregunta *¿hacia dónde se orientan los conocimientos del profesorado?*, autores como Elbaz (1981), Schön (1983/1988; 1987/1992; 1992; 1996) y Schwab (1969, 1971) sugieren que se orientan a **la solución de los problemas de la práctica**; al diseño, evaluación, y ejecución de estrategias de solución en correspondencia con las exigencias del contexto. En la misma dirección, pero con un lenguaje un poco diferente, Tardif (2004) plantea que los conocimientos docentes están al servicio de la acción, condicionada esta por las contingencias y contextos de la práctica.

En lo que respecta a la pregunta *¿cómo se expresan los conocimientos del profesorado?*, encontramos dos alternativas complementarias: la propuesta por Schön (1983/1988; 1987/1992; 1992; 1996), que plantea que se manifiestan en la **acción** de los profesores, y la presentada por Clandinin y Connelly (Clandinin, 1985, 1989; Connelly y Clandinin, 1990, 1996, 1998, 2000) que propone que no solo se manifiestan en las acciones de los profesores, sino también en las **historias** que cuentan sobre sus prácticas.

Tanto los orígenes, la orientación y la expresión de los conocimientos del profesorado, guardan estrecha relación con las características de dichos conocimientos, las cuales se pueden resumir a través de los descriptores: **personales, socioculturales, temporales, tácitos y específicos**. Los conocimientos docentes: a) son **personales**, en el sentido en que están encarnados en actores sociales individuales y poseen matices únicos, irrepetibles, que dan cuenta de sus experiencias biográficas estrechamente vinculadas a los contextos (Clandinin, 1985, 1989; Tardif, 2004); b) son **socioculturales**, en la medida en que son socialmente construidos, constreñidos, naturalizados y reforzados dentro del colectivo profesional del profesorado y dentro de las múltiples comunidades y culturas que cruzan la escuela (Barnett y Hodson, 2001; Connelly y Clandinin, 1990, 1996, 1998; Schön, 1983/1988;

1987/1992; 1992, 1996; Tardif, 2004); c) son **temporales**, dado que se desarrollan en el continuo presente-pasado-futuro: los conocimientos pasados sirven de plataforma a los conocimientos presentes, y estos, a su vez, a los conocimientos futuros (Clandinin, 1985, 1989; Tardif, 2004); d) son principalmente **tácitos**, lo que significa que en muchas oportunidades los maestros no logran explicitarlos a través del discurso (Schön, 1983/1988; 1987/1992; 1992, 1996; Tardif, 2004); y e) son **específicos** a las **situaciones** de la clase, en la medida en que se define en y se adapta a la situación de la clase (Elbaz, 1983, Tardif, 2004), y son **específicos** a los **contenidos de enseñanza**, dado que los conocimientos están altamente influenciados por el contenido de la materia a enseñar (Barnett y Hodson, 2001; Grossman, 1990; Hashweh, 2005; Shulman; 1986/1989, 1987/2001).

Bibliografía

- Barnett, J. y Hodson, D. (2001). Pedagogical Context Knowledge: Toward a fuller understanding of what good science teachers know. En: *Science Teacher Education* (85), 426-453.
- Bennett, C. (1996). Teacher perspectives: Strengthening reflective teacher education. En: *Teaching Education*, 8 (1), 3-12.
- Bromme, R. (1988). Conocimientos profesionales de los profesores. En: *Enseñanza de las Ciencias*, 6 (1), 19-29.
- Bullough, R. V., Jr. y Baughman, K. (1993). Continuity and change in teacher development: First-year teacher after five years. En: *Journal of Teacher Education*, 44(2), 86-95.
- _____ (1995). Changing contexts and expertise in teaching: First-year teacher after seven years. En: *Teaching and Teacher Education* (11), 461-477.
- Butt, R.; Raymond, D.; McCue, G. y Yamaigishi, L., (2004). La autobiografía colaborativa y la voz del profesorado. En: I. Goodson (Ed.). *Historias de vida del profesorado*, pp. 99-148. A. Sánchez (Trad.). Barcelona: Octaedro (Trabajo original publicado en 1992).
- Clandinin, J. (1989). Developing rhythm in teaching: The narrative study of a beginning teacher's personal practical knowledge of classrooms. En: *Curriculum Inquiry*, 19 (2), 121-141.
- _____ (1985). Personal practical knowledge: A study of teachers' classroom images. En: *Curriculum Inquiry*, 15 (4), 361-385.

- Chou, C. (2008). Exploring elementary english teachers' practical knowledge: A case study of EFL teachers in Taiwan. En: *Asia Pacific Education Review*, 9 (4), 529-541
- Clark, C. y Peterson, P. (1990). Procesos de pensamiento de los docentes. En: M. Wittrock (Comp.). *La investigación de la enseñanza II: Profesores y alumnos*, pp. 443-539. A. Negrotto (Trad.). Barcelona: Paidós (Trabajo original publicado en 1986).
- Clarke, A. (1995). Professional development in practicum settings: Reflective practice under scrutiny. En: *Teaching and Teacher Education* (11), 243-261.
- Cochran-Smith, M. (2005). The new teacher education: For better or for worse? En: *Educational Researcher*, 34 (7), 3-17.
- Connelly, M. y Clandinin, J. (2000). *Narrative inquiry: experience and story in qualitative research*. San Francisco: Jossey-Bass.
- _____ (1998). Stories to live by: Narrative understandings of school reform. En: *Curriculum Inquiry*, 28 (2), 149-164.
- _____ (1996). Teachers' professional knowledge landscapes: Teacher stories. Stories of teachers. School stories. Stories of schools. En: *Educational Researcher*, 25 (3), 24-30.
- _____ (1990). Stories of experience and narrative inquiry. En: *Educational Researcher*, 19 (5), 2-14.
- Connelly, M.; Clandinin, J. y He, M. (1997). Teachers' personal practical knowledge and the professional knowledge landscape. En: *Teaching and Teacher Education*, 13 (7), 665-674.
- Craig, C. (2000). Stories of schools/teacher stories: A two-part invention on the walls. En: *Curriculum Inquiry*, 30 (1), 11-41.
- _____ (1995). Knowledge communities: A way of making sense of how beginning teachers come to know in their professional knowledge contexts. En: *Curriculum Inquiry*, 25 (2), 151-175.
- De Jong, O. y Van Driel, J. (2004). Exploring the development of student teachers' PCK of the multiple meanings of chemistry topics. En: *International Journal of Science and Mathematics Education* (2), 477-491.
- Dewey, J. (2004). *Experiencia y educación* (L. Luzuriagatrad.). Madrid: Biblioteca Nueva (Trabajo original publicado en 1939).

- Drechsler, M. y Van Driel, J. (2008). Experienced teachers' pedagogical content knowledge of teaching acidbase chemistry. *Research in Science Education* (38), 611-631.
- Elbaz, F. (1981). The Teacher's "Practical Knowledge". En: *Curriculum Inquiry*, 11 (1), 43-71.
- Fenstermacher, G. (1994). The knower and the known: The nature of knowledge in research on teaching. En: *Review of Research in Education* (20), 3-56.
- Garritz, A. y Trinidad, R. (2006). El conocimiento pedagógico de la estructura corpuscular de la materia. En: *Educación Química*, 17 (10), 117-141.
- Greca, I. (2005). Representaciones Mentales. En: M. Moreira (Comp.). *Representações mentais, modelos mentais e representações sociais: texto de apoio para pesquisadores em educação em ciências* (pp. 7-45). Porto Alegre: UFRGS, Instituto de Física.
- Grimmett, P. y MacKinnon, A. (1992) Craft knowledge and the education of teachers. En: *Review of Research in Education* (18), 385-456.
- Grossman, P. (2005). Un estudio comparado: las fuentes del Conocimiento Pedagógico del Contenido en la enseñanza del inglés en secundaria. En: *Profesorado. Revista de Currículo y Formación de Profesorado*, 9 (2), 1-17 (Trabajo original publicado en 1990).
- Gudmundsdóttir, S. y Shulman, L. (2005). Conocimiento Pedagógico del Contenido en ciencias sociales. En: *Profesorado. Revista de currículo y formación del profesorado*, 9 (2), 1-12 (Trabajo original publicado en 1986).
- Halim, L. y Meerah, S. (2002). Science trainee teachers' pedagogical content knowledge and its influence on physics teaching. En: *Research in Science y Technological Education*, 20 (2), 215-225.
- Hargreaves, A. y Jacka, N. (1995). Induction or seduction? Postmodern patterns of preparing to teach. En: *Peabody Journal of Education*, 70 (3), 41-63.
- Hashweh, M. Z. (2005). Teacher pedagogical constructions: a reconfiguration of pedagogical content knowledge. En: *Teacher and Teaching: theory and practice*, 11 (3), 273-292.
- Hollingsworth, S.; Dybdahl, M. y Minarik, L. (1993). By chart and chance and passion: The importance of relational knowing in learning to teach. En: *Curriculum Inquiry* (23), 5-35.
- Jackson, P. (1994). *La vida en las aulas* (5a. Ed.). J. Torres (Trad.). Madrid: Morata (Trabajo original publicado en 1968).

- John, D. P. (2002). The teacher educator's experience: case studies of practical professional knowledge. En: *Teaching and Teacher Education* (18), 323-341.
- Johnson, M. (1989). Getting personal and practical with Personal Practical Knowledge. En: *Curriculum Inquiry*, 19 (4), 361-377.
- Loughran, J.; Milroy, P.; Berry, A.; Gunstone, R. y Mulhall, P. (2001). Documenting science teachers' pedagogical content knowledge through PaP-eRs. En: *Research in Science Education*, 31 (2) 289-307.
- Loughran, J.; Mulhall, P. y Berry, A. (2004). In search of pedagogical content knowledge in science: Developing ways of articulating and documenting professional practice. En: *Journal of Research in Science Teaching*, 41, (4), 370-391.
- Marcelo, C. (1987). *El pensamiento del profesor*. Barcelona: CEAC.
- Marlatt, E. A. (2004). Practical knowledge storage among preservice, novice, and experienced educators of students who are deaf and hard-of-hearing. En: *Council Exceptional Children*, 70 (1), 201-214.
- Mulhall, P.; Berry, A. y Loughran, J. (2003). Frameworks for representing science teachers' pedagogical content knowledge. En: *Asia Pacific Forum on Science Learning and Teaching*, 4 (2).
- O'Donoghue, T. A. y Brooker, R. (1996). The rhetoric and the reality of the promotion of reflection during practice teaching: An Australian case study. En: *Journal of Teacher Education*, 47 (2), 99-109.
- Porlán, R. y Rivero, A. (1998). *El conocimiento de los profesores*. Sevilla: Díada Editorial S.A.
- Powell, R. (1996). Constructing a personal practical philosophy for classroom curriculum: Case studies of second-career beginning teachers. En: *Curriculum Inquiry*, 26 (2), 147-173.
- Pultorak, E. G. (1996). Following the developmental process of reflection in novice teachers: Three years of investigation. En: *Journal of Teacher Education* (47), 283-291.
- Reyes, F. y Garritz, A. (2006). Conocimiento pedagógico del concepto de "reacción química" en profesores universitarios mexicanos. En: *RMIE*, 11 (31), 1175-1205.
- Ryle, G. (1949). *El concepto de lo mental*. Buenos Aires: Paidós, 1967.
- Schön, D. (1992). *La formación de profesionales reflexivos: hacia un diseño de la enseñanza y el aprendizaje en las profesiones*. J. Bayo (Trad.). Barcelona: Paídos (Trabajo original publicado en 1987).

- _____ (1992). The theory of Inquiry: Dewey's legacy to education. En: *Curriculum Inquiry*, 22 (2), 119-139.
- _____ (1996). *La crisis del conocimiento profesional y la búsqueda de una epistemología de la práctica*. En: M. Pakman (Comp.). *Construcción de la experiencia humana*, pp. 183-212. O. Castillo (Trad.). Barcelona: Gedisa.
- _____ (1998). *El profesional reflexivo: cómo piensan los profesionales cuando actúan*. L. Montero y J. M. Vez (Trad.). Barcelona: Paídos (Trabajo original publicado en 1983).
- Schwab, J. (1969). The practical: A language for curriculum. En: *The School Review*, 78 (1), 1-23.
- _____ (1971). The practical: Arts of eclectic. En: *The School Review*, 79 (4), 493-542. Recuperado el 7 de abril de 2009 de la base de datos JSTOR.
- _____ (1983). The practical 4: Something for curriculum professors to do. *Curriculum Inquiry*, 13 (3), 239-265
- Shulman, L. (2001). Conocimiento y enseñanza. A. Ide (Trad.). En: *Estudios Públicos* (83), 163-196 (Trabajo original publicado 1987).
- _____ (1989). Paradigmas y programas de investigación en la enseñanza: una perspectiva contemporánea. En: M. Wittrock (Comp.). *La investigación de la enseñanza: enfoques, teorías y métodos*, pp. 9-91. O. Castillo (Trad.). Barcelona: Editorial Paidós (Trabajo original publicado en 1986).
- Sockett, H. (1987). Has Shulman got the strategy right? En: *Harvard Educational Review*, 57 (2), 208- 219.
- Sperandeo-Mineo, R.; Fazio, C. y Tarantino, G. (2005). Pedagogical content knowledge development and pre-service physics teacher education: A case study. En: *Research in Science Education*.
- Tardif, M. (2004). *Los saberes del docente y su desarrollo profesional*. Madrid: Narcea.
- Willinsky, J. (1989). Getting personal and practical with personal practical knowledge. En: *Curriculum Inquiry*, 19 (3) 247-264.
- Yinger, R. (1987). Learning the language of practice. En: *Curriculum Inquiry*, 7 (3), 293-318.
- Zembylas, M. (2007). Emotional ecology: The intersection of emotional knowledge and pedagogical content knowledge in teaching. En: *Teaching and Teacher Education* (23), 355-367.

Zuckerman, J. T. (1999). Student science teachers constructing practical knowledge from inservice science supervisors' stories. En: *Journal of Science Teacher Education*, 10 (3), 235-245.

Conocimiento didáctico del contenido y formación de profesores de física: elementos para la investigación

Jaime Duván Reyes Roncancio¹

El profesor y su conocimiento

La referencia al conocimiento del profesor tiene sus orígenes en el programa de investigación propuesto por Shulman (1984, en Wittrock, 1989) al referirse a las fallas de los estudios sobre la cognición del profesor y señalar que las falencias de este campo de investigación están en no dilucidar las relaciones que se dan entre las comprensiones de los estudiantes, la enseñanza de los profesores y la reflexión que estos hagan de tales procesos. Posteriormente, con los aportes de perspectivas de corte epistemológico y de orden pragmático, este campo de investigación se interesa en el reconocimiento de su carácter práctico (Connelly y Clandinin, 1988), que media las acciones en el aula, así como de su carácter evolutivo, tanto desde enfoques reflexivos (Schön, 1992) como profesionales (Porlán y Rivero, 1998).

Los estudios iniciales sobre conocimiento del profesor (Shulman, Grossman y Wilson, 1989) cuestionaron el conjunto de investigaciones de proceso-producto en las que se proponía investigar el conocimiento de los profesores en relación exclusiva con el rendimiento de los alumnos, y comenzaron a posicionar propuestas alternativas ya no en los resultados de las evaluaciones sobre lo que los estudiantes saben, sino en el reconocimiento del profesor como sujeto epistémico que también ha aprendido el contenido en formas específicas y al que le asigna determinadas connotaciones en el proceso de hacerlo comprensible por sus estudiante.

Este enfoque es, en definitiva, una apuesta por considerar que el profesor piensa y actúa (consciente o inconscientemente) mediado por la relación entre su conocimiento pedagógico, su conocimiento del contenido de las ciencias y el conocimiento del contexto, pues:

el profesor inevitablemente transforma el contenido en algo, un contenido enseñable que tiene su propia lógica y estructura, y tiene sentido para los alumnos. El conocimiento que ayuda a que se produzca esta transformación del conocimiento incluido en el currículo escolar, en algo que tenga sentido para los alumnos, es a lo que denominamos CDC (Stengel, 1992, p. 7, en Bolívar, 1992, p. 8).

1 Correo electrónico: jdreyesr@udistrital.edu.co

Shulman define el conocimiento didáctico del contenido como: “esa especial amalgama entre materia y pedagogía que constituye una esfera exclusiva de los maestros, su propia forma especial de comprensión profesional” (2001, p. 174; 2005, p. 11). Algunos autores (Marcelo, 1992; Bolívar, 1993 y Benejam, 1993) coinciden en destacar que la propuesta inicial de Shulman considera las pretensiones de la materia que se enseña, las valoraciones que se hacen del currículo, las estrategias (uso de analogías, ejemplificación, explicaciones, demostraciones) de enseñanza, así como los avances y las dificultades comprensivas de los estudiantes. Sin embargo no sobra mencionar que en estos términos el propio Shulman afirmó que:

Dentro de la categoría conocimiento didáctico del contenido incluyo los temas más comúnmente enseñados en una determinada asignatura, las formas más útiles para representar las ideas, las analogías, ilustraciones, ejemplos, explicaciones y demostraciones más poderosas, en una palabra, las formas de representar y formular el contenido para hacerlo comprensible a otros. El conocimiento didáctico del contenido también incluye un conocimiento de lo que facilita o dificulta el aprendizaje de temas concretos; las concepciones y preconcepciones que los estudiantes de diferentes edades y procedencia traen consigo cuando aprenden los temas y lecciones más frecuentemente enseñadas (1986, p. 9).

Dado que los estudios sobre el conocimiento del profesor manifiestan la existencia del CDC en profesores en ejercicio, conviene cuestionar su relación con la formación inicial del profesor. En efecto, tal como sugieren Gudmundsdottir y Shulman:

Actualmente, en la mayoría de los programas de formación del profesorado, los estudiantes aprenden primero la materia, métodos generales de enseñanza, psicología y sociología. Pero se hace poco énfasis en conseguir que los profesores en formación piensen sobre la materia que han de enseñar en términos de sus contenidos didácticos (1990, p. 33).

Esto, por un lado permite discutir la posibilidad de caracterizar el CDC de los futuros profesores y, por otro, también posiciona la discusión entre pedagogía y didáctica (que para el caso colombiano parece ser muy importante) desde la perspectiva en donde las didácticas específicas comienzan a configurarse como campos del saber que consideran a la pedagogía no necesariamente su referente principal.

Debido a que en nuestro contexto educativo las reflexiones investigativas acerca de la enseñanza de contenidos son fundamentales para la didáctica, pero no necesariamente para la pedagogía, se hace necesario precisar una distinción conceptual entre estos dos campos, por lo menos a manera de referencia general. Pues bien, desde el enfoque de R. Lucio (1989) la didáctica es entendida como un conocimiento o saber del profesor que “tematiza el proceso de instrucción, y orienta sus métodos, sus estrategias, su eficiencia (...). La didáctica está entonces orientada por un pensamiento pedagógico, ya que la práctica de la enseñanza es un momento específico de la práctica educativa”. En este sentido la comparación con la pedagogía se hace a la luz de los intereses de lo que ésta se propone en términos de “¿cómo educar?” por ello “La pedagogía es la ciencia que orienta la labor del educador”, mientras que “La didáctica orienta un aspecto específico de ella: su labor como docente”.

El punto en el que coincide con Lucio este documento, es en lo que podría denominarse como una relación mutuamente dependiente que existe entre la pedagogía y la didáctica, pues estas dos ciencias prospectivas se apoyan en otras explicativas (la pedagogía en la sicología y la sociología evolutiva, y la didáctica en la sicología del aprendizaje). En este sentido, la didáctica se pregunta cómo enseñar, y se constituye en ciencia de la enseñanza que “tiende a especializarse fundamentalmente en torno a áreas o parcelas del conocimiento. Se habla así de una didáctica general, como también de una didáctica de las matemáticas o de las ciencias sociales, de una didáctica de la enseñanza secundaria o de una didáctica del trabajo científico” (Lucio, R. 1989, p. 3). Ahora bien, esta idea de la didáctica es también retomada por C. Vasco (1990): “Considero la didáctica no como la práctica misma de enseñar, sino como el sector más o menos bien delimitado del saber pedagógico que se ocupa explícitamente de la enseñanza” (1990, p. 4).

Así las cosas, la idea de conocimiento didáctico y el conocimiento pedagógico del profesor de física en formación inicial, no puede ser entendida en disyuntiva necesariamente, sino en el sentido de complementariedad. Por ello, considerar un conocimiento didáctico del contenido tiene sentido a la luz del surgimiento de las didácticas específicas, orientadas por un conocimiento pedagógico pero no necesariamente supeditadas en estricto a éste. De esta forma, la idea de conocimiento didáctico de contenido se entiende desde la perspectiva del conocimiento involucrado en el proceso de enseñanza y muy estrechamente ligado al trabajo profesional de coadyuvar a los procesos de comprensión de los estudiantes, en particular de los tipos

de contenidos conceptuales, actitudinales y procedimentales asociados a las disciplinas de las ciencias que se enseñen.

En estos términos surgen muchas preguntas sobre la naturaleza del conocimiento didáctico del contenido. Si bien se ha venido mencionando su estrecha relación con lo pedagógico y lo disciplinar de las ciencias que se enseñan, continúan existiendo algunas preguntas que valdría la pena reflexionar e investigar, como:

- a. ¿Existe una pedagogía de la ciencia que se constituya como referente conceptual del conocimiento pedagógico del profesor, así como una de didáctica de las ciencias en relación con el CDC?
- b. ¿La idea de un conocimiento pedagógico del contenido (PCK) considera categorías propias de la didáctica de las ciencias en el contexto donde el CDC ha venido siendo investigado?
- c. ¿Es el conocimiento didáctico de contenido una categoría que se revele de interés para quienes reportan trabajos de investigación en el marco del PCK?
- d. ¿Por qué se hace urgente una diferenciación o el establecimiento de relaciones entre PCK y CDC a la luz de la evolución de cada uno de ellos en el caso de la enseñanza de la física y la formación de profesores de física?
- e. ¿Esta intención diferenciadora entre PCK y CDC se hace necesaria para el caso de la enseñanza de las ciencias según lo que reporta el estado del arte?, ¿qué argumentos han usado diferentes autores para el uso de PCK o CDC?

Una primera aproximación a estas cuestiones revela que ninguno de los trabajos de investigación consultados en PCK de la base de datos de Eric (MR), para el caso de la formación de profesores de física, diferencia explícitamente la didáctica de la pedagogía, y mucho menos hace alusión a diferenciaciones entre PCK y CDC. Por parte de los trabajos en CDC en el caso de formación de profesores, se encuentra que la literatura de referencia es, en general, la misma que la de PCK; lo que sí aparece en algunos trabajos (Marcelo, 1992 y Bolívar, 2005) es un recuento subsecuente de cómo se ha venido entendiendo el CDC como una traducción del PCK, la que a mi manera de ver se constituye en una adaptación contextualizada del mismo, en la que podría reconocerse la existencia de elementos que, al parecer, no tienen discusión en cuanto a esta relación entre PCK y CDC, a saber:

1. La consideración de un conocimiento profesional del profesor cuyo basamento epistemológico trasciende la mera consideración de equivalencia con el conocimiento disciplinar de la ciencia que enseña y del conocimiento pedagógico como tal.

2. La pertinencia de investigar las formas particulares en que este conocimiento (PCK, CDC) se constituye en el sujeto epistémico profesor.
3. El validar la existencia (implícita o explícita) de este conocimiento (PCK, CDC) en los sujetos que se encuentran en proceso de formación para profesores.
4. La perspectiva de indagación (longitudinal o transversal) de este conocimiento (PCK, CDC) tanto de los profesores en formación como de los que están en ejercicio docente.
5. La posibilidad de validar este conocimiento (PCK, CDC) como propio del profesional de la enseñanza, para el caso que nos ocupa en este momento, del profesor de física en formación inicial.
6. El considerar que hay que investigar este conocimiento (PCK, CDC) para mejorar o reflexionar sobre lo que se enseña y se aprende en la clase de ciencias. Es decir, la pretensión de validez se basa, entre otras cosas, en la cualificación de los procesos tanto de formación como de mejoramiento continuo en el ejercicio de la profesión docente.
7. La perspectiva de Shulman es referencia base en todos los trabajos de CDC-PCK en el sentido de considerar la idea de transformación de los contenidos de conocimiento, en la que se integra el propósito de hacer comprensible este conocimiento a los estudiantes.

A manera de hipótesis se plantea aquí que el Conocimiento Didáctico de Contenido contempla las mismas categorías investigativas que las del Conocimiento Pedagógico del Contenido, y así será asumido en el presente trabajo hasta cuando la revisión ampliada del estado del arte indique otra cosa. No obstante, se hace importante declarar los siguientes aspectos:

1. Para el contexto colombiano la diferenciación entre pedagogía y didáctica ha sido históricamente un punto de discusión no solo en términos de sus definiciones, sino de la concepción desde donde se declaran sus diferencias, como se ha mencionando.
2. En este trabajo se asume que el profesor de física en formación inicial construye un conocimiento pedagógico general que no necesariamente se declara didáctico. Es decir, a este conocimiento pedagógico le son inherentes las discusiones sobre las teorías de la enseñanza y el aprendizaje en general, estudios en los cuales la psicología juega un papel importante.
3. Este trabajo asume que el conocimiento didáctico del contenido del profesor de física en formación inicial, se construye en la integración del conocimiento pedagógico general con el conocimiento de la física, cuando se asumen procesos de enseñanza de la física.
4. Así, la idea de conocimiento didáctico de contenido que aquí se asume no se diferencia notablemente de lo que la literatura reporta en los estudios sobre CDC y PCK.

Un postulado que se comparte con la literatura en PCK-CDC en este trabajo tiene que ver con la perspectiva sobre la posible naturaleza integradora de este conocimiento que se vuelve relevante, o adquiere sentido de reflexión, cuando de enseñar física se trata. En efecto, cuando los profesores de física en formación inicial reciben los cursos de pedagogía y los de física, estos generalmente son impartidos de forma independiente y fragmentada, lo cual implica que los primeros sean asumidos sin contenidos físicos y los segundos sin contenidos pedagógicos, traducándose esta situación en una especie de *formación sin pretensión de enseñanza* (ver Gráfica 1).

Ahora bien, en concordancia con la idea básica del título del artículo de Shulman (1987), "The knowledge growth in teaching", la idea de conocimiento didáctico de contenido surge de manera explícita como confluencia entre los conocimientos pedagógicos generales y los conocimientos físicos *en la pretensión de enseñanza de la física*. Es aquí donde la idea de conocimiento didáctico también deja de ser una frase heredada de la pedagogía sin relación directa con contenido alguno de la física y pasa a constituir el conocimiento didáctico del contenido como tal. Eso no puede ser entendido como un mero cambio entre pedagogía y didáctica sino, más bien, en el sentido de Lucio (1989) cuando se plantea las dualidades de "pedagogía sin didáctica" y "didáctica sin pedagogía". Pero, ¿por qué este matiz de formación con pretensión de enseñanza? Una respuesta sencilla se basa en los estudios sobre formación inicial y conocimiento de profesores novatos, los cuales revelan la falta de una reflexión significativa del profesor sobre su propio conocimiento para la enseñanza y donde además se destaca que este mismo proceso metacognitivo posibilita mejores comprensiones del conocimiento de la disciplina que se enseña.

Se sigue entonces que la perspectiva de una posible equivalencia entre PCK y CDC (Grossman, 1990; Carlsen, 1999; Magnusson, Krajcik y Borko, 1999, a partir de la propuesta de Grossman, 1990; Morine-Dershimer y Kent, 1999, teniendo en cuenta a Gess-Newsome y Lederman, 1999, pp. 98, 22) al parecer no solo es un asunto de traducción literal de términos del inglés al español desde una perspectiva traslacionista (Doyle, 1992), en la que lo pedagógico se asume como lo didáctico, sino que deviene precisamente de las valoraciones que se hacen de los términos en contextos de investigaciones particulares y que son característicos del devenir histórico en contextos diferentes. Así, se coincide con Gees Newsome cuando se afirma que los enfoques del CDC de "*orientación transformadora*" parecen reconocer las dinámicas no solo de las acciones del profesor, sino de las relaciones entre los elementos de su conocimiento profesional (Valbuena, 2007). Esto per-

mite también asumir al CDC en un sentido dinámico-constructivo, lo que en términos de Hashweh (2005) se podría distinguir como “*teacher pedagogical constructions*”, y que a juicio de Bolívar (2005) permite comprender el conocimiento didáctico del contenido como una “colección de ‘construcciones didácticas’, específicas para cada tópico, que puede ser examinada en los diversos componentes que la configuran (conocimiento curricular, del contenido, creencias sobre la enseñanza-aprendizaje, conocimientos y creencias didácticas, conocimientos del contexto y recursos, metas y objetivos)” (Bolívar, 2005, p. 9). Con esto, el CDC es un conocimiento organizador en el que los otros conocimientos se ven transformados en un proceso dialógico (pasivo o activo) en el que el profesor va construyendo su saber profesional como tal. Ahora bien, como se pregunta Grossman, “¿Si el conocimiento didáctico del contenido es un importante componente del conocimiento base de la enseñanza, la formación del profesorado transmite esta área del conocimiento profesional?” (Grossman, 1989, p. 25 en Bolívar, A., 1993, p. 114), ante lo cual se posiciona la pregunta por si es posible caracterizar este CDC, ¿desde qué perspectiva hacerlo? La respuesta a la pregunta anterior fundamenta una línea de investigación en la cual se inserta el interés del autor del presente artículo por desarrollar la tesis doctoral. Desde esta mirada, la importancia de la investigación del CDC en la formación de profesores de física permite cuestionar hasta dónde los saberes de la física y de la pedagogía por sí solos son suficientes para la enseñanza, contribuyendo en procesos que destaquen cómo “Los profesores en formación necesitan ser conscientes del proceso que deben emprender para hacer que el conocimiento del contenido sea asequible para los alumnos, (...) para que comiencen a redefinir su conocimiento de la materia y, por tanto, a construir su Conocimiento Didáctico del Contenido” (Gudmundsdottir y Shulman 1990, en Bolívar, 2005). Así, para el estudio del CDC se requiere comprender las dimensiones del sujeto-epistémico-profesor, las cuales, a juicio de Perafán (2004), permiten reconocer una *diversidad epistemológica* del profesor de física, así como la necesidad de un debate sobre su estatus epistemológico en el contexto internacional de la investigación educativa. Este aspecto se puede vincular con los procesos de formación de profesores al cuestionar ¿cómo y quién es el responsable de que el CDC se vaya resignificando? En particular se coincide con los presupuestos de Gudmundsdottir y Shulman (1987), quienes reconocen que es el propio sujeto (profesor en formación) quien ha de identificar que este conocimiento “se construye a partir del conocimiento del contenido que el profesor posee, así como del conocimiento pedagógico general, del conocimiento de los alumnos y también es consecuencia de la propia biografía personal y profesional del profesor” (Butt, Raymond y Yamagishi, 1988, en Marcelo, 1992, p.:8).

Una aclaración necesaria en este punto es: el conocimiento didáctico de contenido deviene de todo el proceso de formación del profesor, lo que sucede es que solo hasta cuando se cuestiona su existencia, éste deja de ser un conocimiento tácito y pasa a ser explícito. En el nivel tácito, el CDC del profesor en formación deviene de los enfoques de enseñanza que le sean inherentes al currículo que vivencia, y en el nivel explícito el CDC adquiere una connotación de conciencia en el sujeto, que puede ser aprovechada por quienes lideran los cursos de didácticas específicas; es aquí donde la formación con pretensión de enseñanza se hace necesaria y precisamente la que debe investigarse mucho más. Aspecto de relevancia máxima si se observa desde la reflexión argumentada que posiciona el rol de los cursos de didáctica de la física en los proyectos de formación de profesores, así como en la discusión sobre el origen del conocimiento didáctico del profesor de física, situación que problematiza también la investigación del profesor principiante. Al respecto Bolívar comenta:

En la tarea de todo profesor principiante de repensar y transformar su materia, desde una perspectiva didáctica, en formas de conocimiento que sean apropiadas para los alumnos y las tareas docentes (Grossman, Wilson y Shulman, 1989), los cursos dedicados a la didáctica específica, enfocados en posibilitar una representación flexible del contenido, pueden tener importantes efectos en contribuir a forjar un Conocimiento Didáctico del Contenido, que será completado con las experiencias prácticas (2005, p.15).

Reflexión que deja clara la necesidad de ahondar en la investigación, no solo en la idea de aclarar si hay que nominar PCK o CDC al conocimiento del profesor, sino en la búsqueda por su caracterización, de manera que con esto tanto la formación inicial como la continua se basen en mayores conocimientos de problemáticas contextualizadas a los sujetos epistémicos y no a imaginarios sobre lo que “debería saber un profesor” como genérico para recetar.

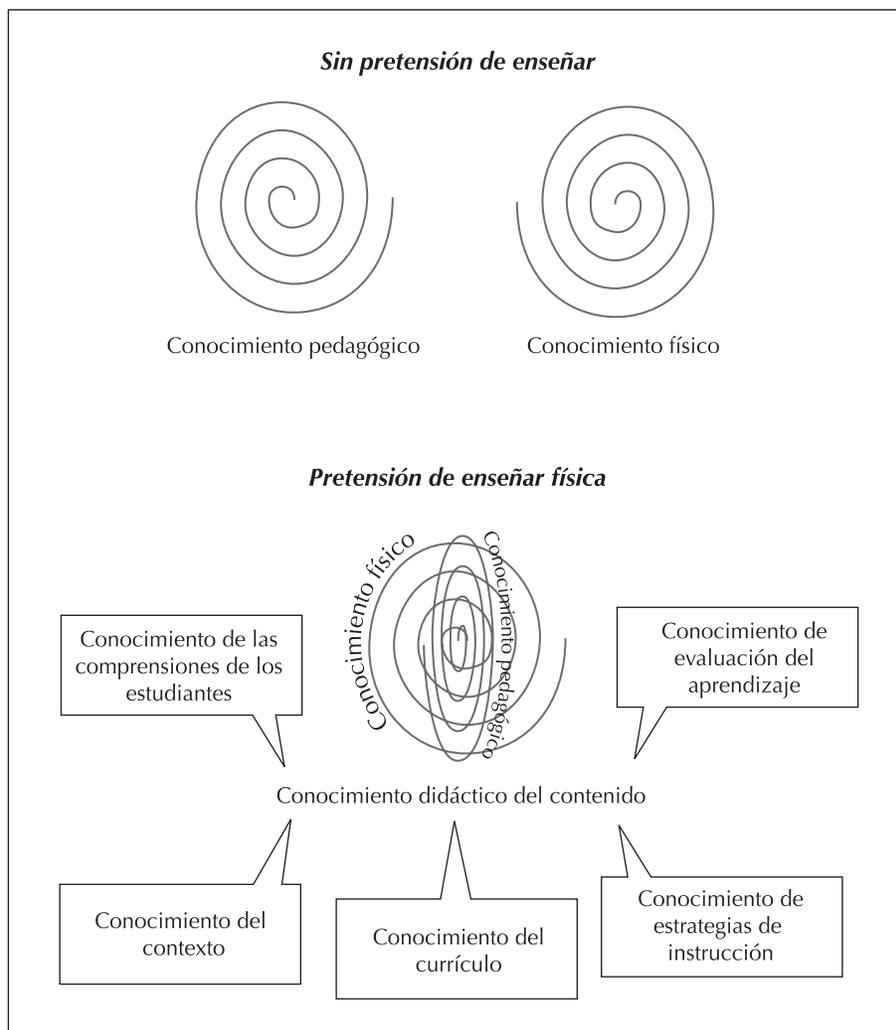
La idea de caracterización del CDC en el profesor de física

La caracterización del CDC implica un proceso de identificación de rasgos particulares que lo diferencian frente al conocimiento pedagógico general y al conocimiento físico como tal, para así poder formular al CDC como constructo (Hashweh, M., 2005; Park, S. y Steve, O., 2008; Abell, 2008) del profesor en formación, en el que se integran no solo estos dos saberes,

sino que hay una intención concreta de que los estudiantes comprendan la física. Es decir, en este trabajo se reconocerá que la caracterización del conocimiento didáctico de contenido se hace relevante por cuanto de ella se arroja información pertinente para reorganizar procesos de formación del profesorado, así como para destacar factores distintivos del conocimiento del profesor en formación que van más allá de las fortalezas en sus conocimientos físicos. Asimismo, la relevancia de la caracterización no debe entenderse solamente desde la perspectiva del para qué, sino también del cómo, ya que cuando se realiza el proceso de caracterización del CDC se hará especial énfasis en la determinación de las relaciones entre los componentes del CDC, de manera que la interpretación de tales relaciones permita una mirada más holística del CDC de los profesores en formación inicial. Así, el *¿cómo?*, se refiere a la especial manera (amalgama, en términos de Shulman) en la que los componentes del Conocimiento Didáctico del Contenido se ponen en juego no por sí mismos, sino a la luz de sus interrelaciones.

Un punto de partida para esta labor se puede relacionar con tres aspectos de la enseñanza:

- a. *el proceso de la planeación*: en el que se pregunta *¿qué componentes* (por ejemplo, criterios de selección y secuenciación de contenidos, tipos de tareas y actividades, inclusión de propuestas que permitan la detección de las ideas de los estudiantes, criterios y herramientas de evaluación) del conocimiento didáctico del contenido seleccionan los profesores de física en formación, en sus protocolos inherentes a la planeación? Estos pueden ser de diversa índole, en ocasiones se solicitan unidades didácticas en estricto, como lo ha venido planteando la corriente española de investigación (IRES) y de formación docente en el entendido de que esta herramienta permite organizar la planeación de la enseñanza. Sin embargo, no es obligatoria en un sentido estricto ya que los estudiantes de práctica docente no necesariamente la utilizan.
- b. *el desarrollo de las clases de física en la práctica docente*: en donde se pregunta por *¿cuáles son las posibles relaciones entre las características del CDC al desarrollar las propuestas de enseñanza de la física con estudiantes de bachillerato?*
- c. *el establecimiento de una interpretación de orden sintético*: en donde se pregunta por *¿cómo interpretar el CDC de los profesores de física en formación inicial?* y respecto a las relaciones entre los componentes del CDC caracterizados desde una perspectiva integradora.



Gráfica 1. Conocimiento Didáctico del Contenido como integrador del proceso con pretensión de enseñanza.

Un caso de estudio: la didáctica del campo eléctrico

Ya que el CDC está estrechamente relacionado con los contenidos específicos, se ha escogido como referente temático la electricidad y en particular el campo eléctrico, considerando en primer lugar, que este tema ha sido estudiado por los futuros profesores con quienes se va a realizar la investigación, tanto en la línea de formación disciplinar de la física en el curso titulado *Electricidad y Magnetismo*, como en la línea de formación disciplinar de la didáctica en el curso *Didáctica de la Física II*.

En segundo lugar, la enseñanza de la electricidad y en particular del campo eléctrico tampoco ha sido investigada desde la perspectiva del conocimiento profesional del profesor de física, más bien ha sido abordada desde las dificultades de aprendizaje de los estudiantes de bachillerato, asociadas principalmente con los niveles de complejidad simbólico y matemático, así como con la poca claridad en la diferenciación de la perspectiva de acción a distancia y la del papel del medio, es decir, en la conceptualización del concepto de campo como tal (Furió y Guisasola, 1998, 1999, 2001).

Desde estas interpretaciones de la problemática se plantean posibles caminos para la enseñanza, es decir que en estas investigaciones (que más bien son trabajos de grado en nuestro contexto) se ha dado prioridad a investigar sobre las ideas de los alumnos, pero no se ha considerado que investigar el conocimiento didáctico del profesor podría contribuir a mejorar o cuestionar la enseñanza del campo eléctrico, constituyéndose en un terreno fértil para investigar.

En tercer lugar, la idea de campo eléctrico en física resulta ser trascendental en los procesos de explicación e interpretación de fenómenos, especialmente aquellos que pretenden dar cuenta del fenómeno eléctrico, cuestionando lo que desde otras perspectivas se consideraba como las interacciones a distancia e instantáneas entre los cuerpos de la naturaleza y posicionando la discusión sobre el *papel del medio* como generador de explicaciones, tal como fue postulado por J. Maxwell (1888), quien al definir el campo eléctrico destaca que *“Finally, when we contemplate the region occupied by the medium as being a part of space in which electric phenomena may be observed, we shall call this region the Electric Field”*² (p. 36). Al respecto S. Jordi (2001) argumenta que en la mayoría de textos no se hace diferencia entre campos y fuerzas a distancia; la razón de ello es que el campo es un medio para calcular la fuerza, por tanto, no llega a adquirir un significado físico, en el cual se toma una acción local entre las partículas, convirtiéndola en una acción local entre la partícula y el campo existente en dicho punto. Además, llega a la misma conclusión de los autores Furió y Guisasola teniendo en cuenta que los *problemas que se presentaron para introducir un concepto, su evolución histórica y epistemológica y la didáctica de la ciencia, facilitará el aprendizaje significativo por parte de los estudiantes* y le dará al profesor mejores oportunidades para seguir los contenidos previstos.

2 En últimas, cuando consideramos la región ocupada por el medio haciendo parte del espacio en donde el fenómeno eléctrico puede ser observado, llamaremos a esta región el Campo Eléctrico.

Ahora bien, siendo coherentes con la perspectiva de investigación propuesta en este documento, cabe reflexionar entonces, sobre ¿cómo caracterizar el CDC del profesor de física en formación inicial y con el proceso de enseñanza del campo eléctrico, de manera que se contemple, entre otros aspectos, la perspectiva del papel del medio en la explicación del fenómeno eléctrico? La intención de la investigación en este punto puede contribuir también a la generación de estudios concretos sobre el conocimiento didáctico del profesor de física en Colombia y, a nivel internacional, en el desarrollo de la línea de investigación en conocimiento profesional, de manera que se trascienda de la sola indagación por el conocimiento físico o el conocimiento pedagógico general de los futuros profesores de física, a niveles mayores de profundización por la caracterización del CDC en términos de orden pragmático, mucho más reflexivos y consientes sobre su quehacer y su propio conocimiento, lo cual puede comenzar a atender lo que Abell (2008) ha planteado como *Challenges for PCK researchers* al formular la pregunta por la relación entre *Pedagogical Content Knowledge* (PCK) –en términos de calidad y de cantidad– con la práctica profesional del profesor en la que algunos otros investigadores ya han venido incurriendo en la revisión de la coherencia entre planeación y práctica (Hollon, Roth y Anderson, 1991, en Porlán y Rivero, 1998).

En este sentido, el presente trabajo asumirá que a través de un proceso de interpretación de los componentes del CDC (criterios de selección y secuenciación de contenidos, tipos de tareas y actividades, inclusión de propuestas que permitan la detección de las ideas de los estudiantes, criterios y herramientas de evaluación) que manifiestan los profesores de física en formación inicial, tanto en su planeación como en sus acciones diarias de clase, se podrán caracterizar dichos componentes y sus relaciones intrínsecas, de forma que puedan generarse categorías distintivas del CDC frente a los conocimientos pedagógicos y los conocimientos de la física que se tienen. Estos componentes son transversales a la planeación y la acción de enseñanza, pues contemplan factores de pensamiento y de acción docente tanto en la planeación como en la interacción con los estudiantes, y son tomados como punto de partida básicamente por considerarlos tradicionales en la formación didáctica del profesor en el siguiente sentido:

- a. *Criterios de selección y secuenciación de contenidos*: se refiere al trabajo en donde el profesor en formación selecciona, jerarquiza, es decir, organiza los contenidos con algún criterio, y en tal sentido determina una secuencia de enseñanza de los mismos. Es un componente valioso por cuanto nos habla de la formación académica del sujeto, así como de su relación con las asignaturas tomadas en el terreno de la electricidad. La secuencia que organice también arroja información relevante en cuanto a sus concepciones y tipos de validaciones que hace de los contenidos conceptuales.

- b. *Tipos de tareas y actividades*: se refiere a la manera como el profesor en formación define las acciones a ejecutar por parte de los estudiantes, cuándo determina las tareas de clase y las actividades teórico experimentales con relación a algún interés de enseñanza (conceptual, actitudinal, procedimental). Este componente puede considerarse como el día a día del profesor en ejercicio, y en el contexto de esta investigación, para el caso del profesor en formación inicial conforma un gran porcentaje de sus preocupaciones, pues trasciende el aspecto de organizar los contenidos tratando de responder la pregunta eterna: ¿qué pongo a hacer a los estudiantes? Nos habla, por lo tanto, de la manera como se piensa al estudiante como sujeto de aprendizaje, nos indica a su vez la consideración que hace el profesor en formación del posible contexto de enseñanza. En igual sentido, este componente brinda información sobre la relación teoría-práctica y el estado del CDC en el proceso de transformación del conocimiento físico.
- c. *Inclusión de propuestas que permitan la detección de las ideas de los estudiantes*: se refiere a las consideraciones que haga el profesor en formación sobre las ideas de los estudiantes acerca del campo eléctrico y los conceptos asociados. En especial este componente se hace importante en la medida en que revela la perspectiva pedagógica de la enseñanza que se asume. Desde donde se consideren las ideas de los estudiantes, así como la manera en que se conciben las actividades de exploración de las mismas y aquellas relacionadas con sus referencias posteriores en el desarrollo de las clases, forman parte importante de la caracterización del CDC del profesor en formación inicial.
- d. *Criterios y herramientas de evaluación*: se refiere a las ideas que sobre evaluación subyacen a las propuestas de enseñanza. Tanto los criterios como las herramientas revelan el CDC en el sentido de los procesos de verificación de aprendizaje que en el contexto de la enseñanza de las ciencias atiende cualquier profesor.

Consideraciones finales

Aunque no todos estos aspectos forman parte del propósito principal en el presente proyecto, se afirma aquí que su distinción permitiría caracterizar al CDC en lo que Marcelo (1987) señala como “las fases que median entre la planificación y la enseñanza”, que trascienden los primeros estudios que sobre el pensamiento del profesor distinguían “las fases pre, inter y postactiva, en el proceso de enseñar” y contribuiría en lo que Shulman (1987) ha planteado en el sentido de que: “partiendo de esas fases conviene especificar otros procesos que se producen y que tienen que ver fundamentalmente con la transformación del contenido en materia enseñable”. Se toman en este proyecto estos referentes generales de la idea de enseñanza interactiva

en relación con los desarrollos que Perafán (2004) realizó en el contexto de la investigación sobre el pensamiento del profesor de física en Colombia y se refieren a la idea de interacción que se da entre el sujeto-epistémico-profesor con los estudiantes en los procesos de enseñanza de la física.

La aproximación que resulte de atender los problemas señalados, constituirán un aporte en el campo teórico a la definición del CDC que trascienda aquellas visiones de corte netamente experiencial y que lo ven como una capacidad (Veal, W.; Tippins, D. y Bell, J. 1999) o habilidad del maestro y no como un saber reflexionado, por el cual pasan las habilidades, pero no son el centro del mismo. De este modo se contribuye al desarrollo de la caracterización del CDC desde una perspectiva integradora de sus componentes y de sus relaciones intrínsecas, permitiendo trascender la visión instrumentalista, y de cierta manera posibilita la reflexión asociada con la problemática de la ausencia de investigación sobre el conocimiento didáctico que han elaborado tanto los estudiantes como los egresados de programas de formación de profesores de física, de manera que, a través de sus resultados, se puedan aportar reflexiones fundamentadas en la toma de decisiones sobre reformas curriculares y que estén asociados a una idea de calidad profesional que considera la relación entre:

el contenido que se aprende en la institución y la práctica de la enseñanza. Así, un programa será de mayor calidad, entre otros aspectos, en la medida en que se den oportunidades a los profesores en formación para realizar prácticas supervisadas en las que se guíe al estudiante a realizar la integración y aplicación de los componentes teóricos (Marcelo, C., 1992, p. 27).

En este sentido también se podrá aportar en lo que C. Marcelo (1992) ha señalado, recogiendo a Zeichner y Gore (1990), sobre la necesidad de profundizar en el conocimiento que se tiene acerca de los aprendizajes de los profesores en formación, especialmente cuando afirma que:

Lo que ocurre dentro de los cursos determina la contribución que la formación del profesorado tiene en el aprendizaje del profesor. Actualmente conocemos muy poco acerca de lo que ocurre dentro de los componentes profesionales o académicos de los programas de formación del profesorado (Marcelo, C., 1992, p. 33).

Bibliografía

- Abell, S. K. (2008). Twenty years later: does pedagogical content knowledge remain a useful idea? En: *International Journal of Science Education*, 30 (10), 1405-1416.
- Benejam, P. (1993). Los contenidos de la didáctica de las ciencias sociales en la formación del profesorado. En: L. Montero y J. M. Vez (Eds.). *Las didácticas específicas en la formación del profesorado*. Santiago de Compostela: Tórculo.
- Bolívar, A. (1993). Conocimiento didáctico del contenido y formación del profesorado. En: *Revista Interuniversitaria de Formación del Profesorado* (16), 113-124. Enero-abril.
- _____ (2005). Conocimiento didáctico del contenido y didácticas específicas. [Pedagogical content knowledge and subject matter didactics]. En: *Revista de currículum y formación del profesorado*. Universidad de Granada: Profesorado.
- Carlsen, W. (1999). Domains of Teacher Knowledge. En: J. Gess-Newsome y N. Lederman (Eds.). *Examining Pedagogical Content Knowledge. The construct and its implications for Science Education* (pp. 133-144). Dordrecht, Boston, London: Kluwer Academic Publishers.
- Connelly, F. M. y Clandinin, D. J. (1984). Personal practical knowledge at Bay Street School: Ritual, personal philosophy and image. En: R. Haikes y J. K. Olson (Eds.). *Teacher thinking. A new perspective on persisting problems in Education* (pp. 134-148). Lisse: Sweets and Zeitlinger.
- Doyle, W. (1992). Curriculum and Pedagogy. En: P. W. Jackson (Ed.). *Handbook of research on curriculum: A project of the AERA* (pp. 486-516). Nueva York: Macmillan.
- Furió, C. y Guisasola, J. (1998). Dificultades de aprendizaje de los conceptos de carga y campo eléctrico en estudiantes de bachillerato y de universidad. En: *Enseñanza de las Ciencias*, 16 (1), 131-146.
- _____ (1999). Concepciones alternativas y dificultades de aprendizaje en electrostática. Selección de cuestiones elaboradas para su detección y tratamiento. En: *Enseñanza de las Ciencias*, 17 (3), 441-452.
- _____ (2001). La enseñanza del concepto del campo eléctrico basada en un modelo de aprendizaje como investigación orientada. En: *Revista de Enseñanza de la Física*, 19 (2), 319-334.

- Gess-Newsome, J. (1999). Secondary teachers' knowledge and beliefs about subject matter and their impact on instruction. En: J. Gess-Newsome y N. Lederman (Eds.). *Examining Pedagogical Content Knowledge. The construct and its implications for Science Education* (pp. 51-94). Dordrecht, Boston, London: Kluwer Academic Publishers.
- Grossman, P. (1989). A study in contrast: Sources in Pedagogical Content Knowledge for secondary English. En: *Journal of Teacher Education* (40), 24-31.
- _____ (1990). *The making of a teacher. Teacher knowledge and teacher education*. New York: Teachers College, Columbia University.
- Gudmundsdottir, S. y Shulman, L. (1987). Pedagogical Content Knowledge in Social Studies. En: *Scandinavian Journal of Educational Research*, 31(2), 59-70.
- Hashweh, M. (2005). Teacher pedagogical constructions: a reconfiguration of pedagogical content knowledge. En: *Teachers and Teaching: theory and practice*, 11 (3), 273-292.
- Hollon, R.; Roth, K. y Anderson, C. (1991). Science teachers' conceptions of teaching and learning. En: J. Brophy (Ed.). *Advances in research on teaching* (2), 145-186. Greenwich.
- Jackson, P. W. (1986). *Life in Classrooms*. New York, Holt: Rinehart and Winston.
- Lucio, R. (1989). Educación y pedagogía, enseñanza y didáctica: diferencias y relaciones. En: *Revista de la Universidad de La Salle*, 11 (17), 35-46. Bogotá.
- Magnusson, S.; Krajcik, J. y Borko, H. (1999). Nature, sources and development of Pedagogical Content Knowledge for Science Teaching. En: J. Gess-Newsome y N. Lederman (Eds.). *Examining Pedagogical Content Knowledge. The construct and its implications for Science Education* (pp. 95-132). Dordrecht, Boston, London: Kluwer Academic Publishers.
- Marcelo, C. (1987). *El Pensamiento del profesor*. Barcelona: CEAC.
- _____ (1992). Cómo conocen los profesores la materia que enseñan. Algunas contribuciones de la investigación sobre conocimiento didáctico del contenido. Ponencia presentada al Congreso Internacional *Las didácticas específicas en la formación del profesorado* (Santiago de Compostela, 6-10 julio 1992).
- Maxwell, J. (1888). *An elementary treatise on electricity* (2a. Ed.). New York: Dover Publications (2005).

- Martin, J. y Solbes, J. (2001). Diseño y evaluación de una propuesta para la enseñanza del concepto de campo en física. En: *Enseñanza de las ciencias*, 19 (3), 393-404.
- Morine-Dersheimer, G. y Kent, T. (1999). The complex nature and sources of teachers' Pedagogical Content Knowledge. En: J. Gess-Newsome y N. Lederman (Eds.). *Examining Pedagogical Content Knowledge. The construct and its implications for Science Education* (pp. 21-50). Dordrecht, Boston, London: Kluwer Academic Publishers.
- Park, S. y Oliver, S. (2008). Revisiting the conceptualization of Pedagogical Content Knowledge (PCK): PCK as a conceptual tool to understand teachers as professionals research and Science Education 38, 261–284.
- Perafán, G. (2004). *La epistemología del profesor sobre su propio conocimiento profesional* [Tesis Doctoral]. Colombia: Universidad Pedagógica Nacional.
- Porlán, R. y Rivero, A. (1998). *El conocimiento de los profesores. Una propuesta formativa en el área de ciencias*. Sevilla: Diada.
- Schön, D. (1992). *La formación de profesionales reflexivos. Hacia un nuevo diseño de la enseñanza y el aprendizaje en las profesiones*. Madrid: Paidós/MEC.
- Shulman, L. (1984). Paradigmas y programas de investigación en el estudio de la enseñanza: una perspectiva contemporánea. En: M. C. Wittrock (Comp.). *La investigación de la enseñanza I. Enfoques, teorías y métodos*. Barcelona: Paidós.
- _____ (1986). Those who understand: Knowledge growth in teaching. En: *Educational Researcher*, 15 (2) , 4-14.
- _____ (1987). Knowledge and teaching: Foundations of the New Reform. En: *Harvard Educational Review*, 57 (1), 1-22
- Stengel, B. (1992). Pedagogical Content Knowledge: Usefully wrong? The Reform Agenda. Documento presentado en el encuentro anual de *The American Educational Research Association*. San Francisco, CA.
- Valbuena, E. (2007). *El Conocimiento Didáctico de Contenido Biológico. Estudio de las concepciones disciplinares y didácticas de futuros docentes de la Universidad Pedagógica Nacional (UPN)* [Tesis Doctoral]. Madrid: Universidad Complutense de Madrid.
- Vasco, C. (1990). *Algunas reflexiones sobre la pedagogía y la didáctica. Pedagogía, discurso y poder*. Bogota: Corpodric.
- Veal, W.; Tippins, D. y Bell, J. (1999). The evolution of Pedagogical Content Knowledge in prospective secondary physics teachers. *Report Research*, 143. USA: Indiana University.

Wittrock, M. C. (1989). *La investigación de la Enseñanza*. Tomos I, II y III. Barcelona: Paidós.

Zeichner, K. y Gore, J. (1990). Teacher Socialization. En: R. Houston (Ed.). *Handbook of research on teacher education* (pp. 329-348). New York: Macmillan.

Aproximación interpretativa a la narración sobre la naturaleza de cuatro niños y niñas

Andrés Arturo Venegas Segura¹

Para analizar las idas y venidas de la modernidad, los cruces de las herencias indígenas y coloniales (...), tal vez sería mejor no hacer un libro. Tampoco una película, ni una novela, nada que se entregue en capítulos y vaya de principio a fin. Quizá debe usarse este texto como una ciudad, a la que se ingresa por el camino de lo culto, el de lo popular o el de lo masivo. Adentro todo se mezcla, (...) y entonces ya no importa saber por qué acceso se llegó.

(García Canclini, 1990, p. 16)

Introducción

En el presente texto se exponen los avances de la Tesis Doctoral “*Ideas de naturaleza de niños y niñas Sikuanis y Llaneros de la clase de ciencias del cuarto grado de básica primaria del colegio agropecuario Silvino Caro Heredia en el corregimiento del Viento en Vichada*”. Esta interpretación gira en torno a las ideas sobre la naturaleza expuestas en cuatro narraciones. La importancia del grupo seleccionado para desarrollar la investigación radica en sus estudiantes, debido a que pertenecen a grupos Sikuanis y Llaneros.

Se asume como hipótesis el hecho de que se trata de una clase de ciencias en la cual coexisten valores, creencias culturalmente diferenciadas, por lo cual, el contexto en el que se desarrolla la clase genera un traspaso de fronteras culturales (Aikenhead, 2001a, 2001b, 1997, 1996; Aikenhead y Jegede, 1999; Aikenhead y Olugbemiro, 1999; Candau, 2006; Cobern y Loving 2001; Cobern, 1996a, 1996b, 1994, 1991; Jegede y Ogawa, 1999; Jegede, 1995; Jegede y Okebukola, 1991; June, 1999; Kawasaki, 1997, 1996; Molina, 2008, 2007a, 2007b, 2004, 2002, 2000; Molina y Mojica, 2005, 2004; Ogawa, 2000, 1995, 1989, 1986; Okhee, 2003, 1999; Riggs 2004; Shu-Chiu, 2005). Así, las ideas, pensamientos y afirmaciones expresadas por los niños y niñas, son negociadas de formas diversas con su cultura en un contexto escolar.

1 Doctorado Interinstitucional en Educación. Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Énfasis en Ciencias. Grupo Intercitec.

Por lo anterior, se da cuenta de dichos intercambios realizando un análisis interpretativo, considerando los conocimientos tradicionales de los grupos Sikuaní y Llanero y los escolares. Asimismo, para hacer referencia a diferentes formas de conocimientos, se contemplan dos tipos de experiencias: la primera, con su cultura de base, denominándolos inmediatos, y la segunda, con los escolares, denominándolos mediados.

De esta manera, se identificaron e interpretaron las ideas sobre la naturaleza manifiestas en el discurso de los niños en sus narraciones. Las relaciones entre conocimientos tradicionales y escolares fueron reconocidas y descritas mediante la determinación de los conglomerados de relevancias, esto es, los diferentes criterios de valor que orientan sus respuestas (Molina, 2000, 2002, 2006).

Por otra parte, en las narraciones se ha determinado que los estudiantes plantean diferentes relaciones entre estos dos tipos de experiencias descritas anteriormente: estudiantes que dan prioridad a sus experiencias inmediatas en el marco de sus grupos culturales, otros que involucran simultáneamente sus experiencias inmediatas y los conocimientos escolares, y otros que se refieren únicamente a sus conocimientos escolares.

Este texto está compuesto por seis apartados que corresponden a la justificación, la pregunta de investigación, el referente conceptual del problema, la metodología de la investigación y por último, la interpretación y unas consideraciones finales.

La importancia de reconocer el pensamiento de las niñas y niños: sus ideas de naturaleza

La diversidad cultural ha sido reconocida desde hace algunos años en la *Constitución Política de Colombia de 1991*. Para ejemplificarlo se citan los siguientes artículos:

Artículo 7. *El Estado reconoce y protege la diversidad étnica y cultural de la nación colombiana.* **Artículo 10.** *El castellano es el idioma oficial de Colombia. Las lenguas y dialectos de los grupos étnicos son también oficiales en sus territorios. La enseñanza que se imparta en las comunidades con tradiciones lingüísticas propias será bilingüe.* **Artículo 68.** *(...) Los integrantes de los grupos étnicos tendrán derecho a una formación que respete y desarrolle su identidad cultural. La erradicación del analfabetismo y la educación de personas con limitaciones físicas o mentales, o con capacidades excepcionales, son obligaciones especiales del Estado y en el mundo, pero las prácticas para el reco-*

nocimiento deben darse desde diferentes escenarios uno de ellos el escolar, para no solo el reconocimiento, comprensión, sino también, para la generación de propuestas de formación de sujetos (estudiantes, profesores y comunidad educativa) que reconozcan la diferencia como aspecto positivo y enriquecedor. En esta medida podremos pensar en una sociedad más tolerante que valore positivamente la característica de diversidad cultural, en particular muy relacionada con los conocimientos tradicionales acerca de la diversidad biológica, con una relación más equilibrada con el medio ambiente.

En este sentido, reconocer los conocimientos tradicionales desde la escuela y desde la clase de ciencias naturales, permitirá reconocer las cosmovisiones de los niños en su contexto escolar en la actualidad; cabe resaltar que en la región de la Orinoquia colombiana, en el departamento del Vichada, coexisten grupos culturales diferenciados (Llaneros, Sikuaní, Piapocos, Salibas, entre otros), y que sus prácticas con el medio dependen de su cultura y cosmovisiones, es decir, explorar la idea de naturaleza en la clase de ciencias, permite observar el discurso que tienen ciertos actores culturales que se encuentran en esta región con referencia a las relaciones con el mundo natural.

Asimismo, el presente trabajo aporta un camino para establecer el horizonte de sentido de los niños tanto llaneros como indígenas en un colegio con alta diversidad cultural en el departamento del Vichada. Sus ideas relacionadas con la naturaleza son captadas en narraciones desarrolladas en el contexto de la clase de ciencias, por medio de un instrumento denominado “carta a un extraterrestre”. De esta forma, se abre la posibilidad para que otros puedan entender cómo ellos, en su particularidad, conciben en la actualidad la idea de naturaleza, la cual es propia gracias a sus condiciones socioculturales. Así, se pretende dar la voz a los niños mediante la valoración de sus conocimientos tradicionales.

La pregunta

La presente comunicación se propone establecer las diferencias y aproximaciones de las ideas de naturaleza de los niños a partir de sus narraciones por medio del instrumento “carta a un extraterrestre”, en la clase de ciencias. Por lo cual, el texto se refiere a la emergencia y configuración de perspectivas sobre el mundo natural en un escenario escolar, específicamente sobre cuatro narraciones dadas en la clase de ciencias naturales en el cuarto grado del *Colegio Agropecuario Silvino Caro Heredia* en el corregimiento del Viento, en el departamento del Vichada. A esta escuela

asisten niños y niñas de diferentes comunidades, entre ellas de ascendencia indígena Sikvani, Saliba y Llaneros.

Las preguntas que guían la investigación son: ¿Cuáles son las ideas de naturaleza que sobresalen en las narraciones de los niños?, ¿qué es lo más importante, con sentido y relevante, determinado mediante el análisis del conglomerado de relevancias en las narraciones?, estos conglomerados de relevancias, a qué tipo de conocimientos se refieren, ¿a la experiencia inmediata en el marco de la cultura particular o al conocimiento escolar?

Por su parte, el objetivo es establecer cuáles son los diferentes criterios de valor acerca de la naturaleza de los niños y niñas Sikvani y Llaneros, para las cuatro narraciones en la clase de ciencias del cuarto grado del Colegio Silvino Caro Heredia.

Para establecer el objetivo en la teoría se han propuesto varios conceptos para estudiar estas configuraciones y cogniciones, *World View*, *Cross cultural* y el *Conglomerado de relevancias*. Para esta investigación la categoría más adecuada es el *Conglomerado de relevancias*, ya que busca establecer en las explicaciones sobre lo natural, los criterios de valor que las orientan; asimismo los sujetos expresan en sus cosmovisiones un *ethos* particular, el cual puede ser inferido a partir de los criterios de valor (Geertz, 1987, 1996). Para definir estas categorías se le atribuye a la cultura el lugar de sentido.

Referente conceptual del problema

En este apartado se resalta cómo la cultura es un lugar para la elaboración de sentido, asimismo y siguiendo esta idea, la cultura de los estudiantes tiene fuerza, alcance y valor preponderante en la investigación; de tal forma, se proponen tres caminos para estudiar la configuración de diferentes ideas sobre lo natural, vislumbrando aspectos referidos a la educación, las sociedades, entre otros. Estos caminos de estudio a nivel mundial se conocen como *World View*, *Cross Cultural* y *Conglomerado de Relevancias*, que sirven para estudiar las configuraciones de las ideas sobre la naturaleza en marcos culturales específicos. Atendiendo a la interpretación sobre las narraciones de la naturaleza, se realizan dos miradas: la Sikvani y la Occidental.

La cultura como lugar para la elaboración de sentido

Para iniciar este recorrido, las construcciones y las significaciones que hacen las personas de su entorno, sus formas de vida, sus relaciones con los

otros y la forma de entender el mundo, se realizan desde la cultura, que es particular a cada uno; además, las significaciones se encuentran organizadas como un sistema de símbolos, donde cobran gran importancia en un determinado contexto cultural local. Desde este punto de vista:

La cultura no es más que la trama de significaciones en la que el hombre conforma y desarrolla su conducta. En cuanto al hombre, no es más que un animal inserto en esas tramas de significación que él mismo ha construido. Así, la cultura se comprende mejor no como complejos esquemas o pautas de conducta (costumbres, hábitos, tradiciones...) sino como una serie de mecanismos de control (planes, recetas, reglas, instrucciones... "programas") que gobiernan, modelan y dirigen la conducta; mientras que el hombre se piensa como el animal que más depende de mecanismos de control no-innatos (extragénicos) es decir de esos programas culturales, para ordenar su conducta (Geertz, 1987, p. 18).

Por tal motivo las concepciones de occidente, como las inherentes a un grupo indígena, campesino, subalterno, con respecto a la naturaleza, están mediadas por una cultura de tipo local, donde la noción de símbolo es de vital importancia para definir estructuras simbólicas en estos grupos y para definir interacciones discursivas; cabe aclarar que también se contrapone a las nociones estructuralistas de Levi-Strauss (1994), basadas en los postulados de símbolo de Saussure (2003), por lo cual:

"Símbolo" es cualquier cosa (objeto, acto, hecho, cualidad, palabra, gesto...) que sirva como vehículo de una concepción. Dicho de otra manera: símbolo es cualquier cosa que, desprovista de su mera factibilidad o actualidad, sea usada para disponer significativamente los sucesos entre lo que los hombres viven, de forma que éstos se orientan en la experiencia. Así que los símbolos son, podrían decirse, experiencia congelada. Siendo abstracciones de la experiencia fijadas en formas perceptibles, el pensamiento humano no es más que el tráfico o intercambio de esos símbolos, no siendo pues algo privado, interno a la mente del sujeto sino que, antes al contrario, las tramas culturales "la construcción, aprehensión y utilización de las formas simbólicas" son hechos sociales y, por tanto, públicas y observables (Geertz, 1996. p. 21).

Al respecto, Geertz (1996) menciona que las estructuras simbólicas se orientan desde la experiencia, teniendo un carácter social y no individual, en consecuencia, son observables para una determinada sociedad. De modo que caracterizan a estos complejos de símbolos como fuentes de información.

Al ser las estructuras culturales sistemas de símbolos o complejos de símbolos, su rasgo más relevante es ser “fuentes extrínsecas de información”. Por “fuentes de información” debe entenderse que –lo mismo que los genes– suministran un patrón o modelo en virtud del cual se conforman de manera definida los procesos o sucesos exteriores. Y por “intrínsecas” debe entenderse que –a diferencia de los genes– estas fuentes están fuera del organismo individual y se encuentran en el ámbito de lo intersubjetivo, es decir, del intercambio de símbolos, ámbito en el que los individuos se mueven como agentes pero que preexisten y sobreviven a los individuos (Geertz, 1996, p. 21).

Al concebir los símbolos como hechos sociales y observables, permiten pensar los procesos de construcción de significado en los actores sociales mediados por una cultura de tipo local. Estos símbolos constituyen la forma de entender el mundo y se transforman junto con los cambios culturales, así como con las interacciones dadas entre los miembros de la misma cultura o de otras. Además permiten entrever la interrelación de tramas de significación, y cómo estas se utilizan en diferentes contextos. Asimismo valoran los intercambios culturales –que son intercambios de significados–, con un aliciente adicional, los sujetos dan un valor específico a sus explicaciones, en este sentido, de lo natural.

La noción de valor ha sido retomada por Bourdieu (1988, 2008), quien considera que está precedida por una serie de procesos de producción y reproducción social, de legitimación y distinción, donde la economía y los juegos de poder se hacen vitales en las interacciones discursivas. Por su parte, García Canclini (2004) explica cuatro particularidades en la noción de valor, como son el valor de uso, el de cambio, el de signo y de símbolo, para lo cual pone en consideración los valores asociados a un refrigerador. En este sentido afirma:

Para salir del esquema marxista tan elemental que solo diferencia valor de uso y valor de cambio, reconocía dos formas de valor que denominaba valor de signo y valor símbolo [...]. Además, el refrigerador tiene un valor de signo, o sea el conjunto de connotaciones, de implicaciones simbólicas, que van asociadas a este objeto. No es lo mismo un refrigerador importado que uno nacional, con diseño simple o sofisticado (...) además de ese valor de signo, puede haber un valor de símbolo. En tanto valor signo, el refrigerador puede ser intercambiable con un conjunto de otros productos o de bienes que están en la sociedad y dan prestigio o sofisticaciones simbólicas semejantes a esa máquina de enfriar. Pero él distinguía otro tipo de valor, el valor de símbolo, vinculado a rituales o actos particulares que ocurren dentro de una sociedad. Si me regalan el refrigerador para mi boda, ese acto va a conferir al objeto un sentido distinto, que no lo hace intercambia-

ble con ningún otro. Ese regalo, como cualquier don que se efectúa entre personas o entre grupos, carga al objeto de un valor simbólico diferente del valor signo (p. 33).

De manera que esta serie de interacciones dadas en el campo social, entretejen relaciones de sentido en una diversidad de procesos sociales de significación, como sucede con la clase de ciencias naturales –y en general sobre cualquier tipo de comunidad– en las cuales se observa cómo un conjunto de procesos sociales genera una serie de procesos de producción, circulación y significación –no solo material, sino de sentido– que dan valor y significado a la vida de los sujetos.

En consecuencia, la influencia de unas sociedades sobre otras permite procesos de producción de nuevos significados e intercambios de los mismos, con lo que se generan modificaciones en los sujetos y en las sociedades, de manera que se presentan sociedades con gran cantidad de interacciones que se han aceptado en su constitución. Respecto a esto, García Canclini (1990; 2004) se refiere a las *Sociedades híbridas*, ya que sus formas de actuar y de concebir la realidad, están mediadas por la intercomunicación entre diferentes actores, medios y otros. En ese sentido la hibridación cultural permite caracterizar muchos procesos marcados por la construcción de mundos de significados híbridos, donde se conjugan lo tradicional y lo nuevo (Villa, 2007). Retomando las ideas de García Canclini (2004):

Lo más drástico de las teorías interculturales es que describen la viveza, riqueza que implica y asume el paradigma de la hibridez, la mezcla y la co-fusión, (...) y la hibridación, a diferencia del mestizaje mexicano, no impide que el sujeto preserve para sí la posibilidad de distintas afiliaciones, pueda circular entre identidades y mezclarla. Estas y otras reformulaciones de los procesos de hibridación desplazan el eje de la investigación antropológica: de la identidad a la heterogeneidad y la interculturalidad (p. 38-138).

Cabe anotar que la constitución de los pueblos latinoamericanos se ha dado en los entrecruzamientos de tradiciones indígenas, hispano-coloniales, como también de las acciones políticas, económicas, educativas y comunicacionales modernas. Con lo cual, el mestizaje ha posibilitado formaciones híbridas en los mundos recreados por los sujetos, como también en la reproducción, circulación y nuevas significaciones; en efecto, las comunidades significan su vida con referencia a sus tradiciones hispánicas, católicas, además de sus tradiciones indígenas (García Canclini, 1990, 2004).

De este modo, las ideas sobre lo natural en las sociedades colombianas como en cualquier sociedad, en especial latinoamericana, han estado

contrastadas por un sinnúmero de hibridaciones, y sus referentes sobre el mundo, específicamente lo relacionado con lo natural, se modifican con referencia a esa serie de interacciones culturales.

Atendiendo a que las ideas sobre lo natural se relacionan con la cultura, se proponen las siguientes categorías para su estudio, las que se retoman en el siguiente apartado: *World View*, *Cross Cultural*, y en el caso colombiano, el Conglomerado de Relevancias, tres caminos que se han configurado para el estudio de las ideas sobre la naturaleza.

Tres caminos para estudiar las configuraciones de sentido: *World View*, *Cross Cultural* y Conglomerado de Relevancias

En cuanto a los referentes teóricos de la investigación, varios caminos se han propuesto para estudiar estas configuraciones en los estudiantes y profesores de ciencias: *World View* (Cobern, 1991, 1994, 1996, 2000), *Cross cultural* (Aikenhead, 2001) y *Conglomerado de relevancias* (Molina, 2000). Dado que las anteriores categorías se originan en enfoques culturales, proporcionando nuevas formas de abordar problemas y preguntas sobre el aprendizaje y la enseñanza (Aikenhead, 1997; 1996; 2001a; 2001b), (Aikenhead, y Olugbemiro, 1999), (Aikenhead y Jedege, 1999; Bryan, 1983; Cobern, 1991, 1994, 1996, 2000; Cobern y Aikenhead, 1997; Cobern y Loving, 2001; El-Hani y Bizzo, 2002; Charbel y Sepúlveda, 2006; Molina, 2000, 2004, 2006; Molina, El-Hani, Sepúlveda, López, Mojica y Espitia, 2004).

Al respecto Cobern y Aikenhead (1997) identificaron que desde los trabajos de Maddock (1981) se inicia un proceso de articulación entre las perspectivas antropológicas y la educación en ciencias, teniendo en cuenta que estas investigaciones giran alrededor de estudiantes de países no-occidentales, sociedades indígenas y grupos minoritarios. Además, señalan que: a) la ciencia puede ser entendida como una subcultura, y b) que el contexto de la enseñanza de las ciencias es influenciado por la familia, los compañeros o pares, la escuela, los medios de comunicación y el ambiente físico, social y económico.

Aikenhead (1996, 1999, 2001a, 2001b), al retomar la perspectiva de *Cross Cultural*, explica cómo la clase de ciencias es un espacio para el intercambio entre culturas, como un traspaso de fronteras culturales, lo cual significa una transición entre el mundo de los estudiantes con el mundo que plantea la clase, constituyéndose así en una experiencia multicultural. Aikenhead (2001a) hace un análisis de los traspasos de fronteras culturales

de la ciencia dedicada a estudiantes indígenas de sexto a undécimo grado en una escuela canadiense, en donde el significado personal de la ciencia se hace fuera del aula de clase.

Aikenhead (2001b), discute cómo para los estudiantes aborígenes el plan de estudios en ciencias es inaccesible a ellos. Asimismo, propone que el contenido occidental de la ciencia se debe enseñar en el contexto del conocimiento aborígen de la naturaleza para cada unidad de conocimiento. De modo que el contenido se trata como activo en la clase de ciencias con la ayuda de la comunidad, en especial de los ancianos. Con referencia al trabajo de investigación en el aula, realiza una descripción sobre narrativas, entrevistas y observaciones en este espacio, para lo cual desarrolla comparaciones entre ellas.

Desde la posición de Okhee Lee (2003), se encuentra una tensión respecto a la enseñanza de las ciencias para grupos humanos diversos cultural y lingüísticamente, por lo cual toma como marco teórico la antropología cultural y los estudios sobre *Cross Cultural* en la búsqueda de una equidad en las ciencias que se aprenden y se enseñan a los estudiantes de idiomas y de culturas diversas.

Los trabajos que se incluyen en la categoría de *Cross Cultural* son estudios transculturales cuyas características son: i) el enfoque es multicultural; ii) los estudios se dan con referencia a estudiantes pertenecientes a grupos culturalmente diferenciados; iii) el cruce de fronteras culturales es un fenómeno que ocurre continuamente; iv) la ciencia escolar es una subcultura.

Cobern (1991, 1994, 1996, 1999, 2000), uno de los representantes del *World View*, propone que la comprensión de los estudiantes sobre el mundo y el desarrollo de la alfabetización científica solo pueden tener éxito si está presente el entorno cognoscitivo y cultural de los estudiantes. En sus trabajos de investigación realiza una serie de entrevistas a estudiantes de noveno grado respecto a la naturaleza desde diferentes perspectivas, como la religiosa, la estética, la científica, entre otras. Además, sugiere que la educación en ciencias no ayuda en todos los casos a los estudiantes a integrar los conceptos importantes de sus propios mundos con los propios del lenguaje de la "ciencia formal", y que son complementados por visiones poéticas, artísticas, y en muchos casos, por la experiencia religiosa.

Para Cobern, la visión de mundo (*World View*) es culturalmente dependiente e implícita; es una organización fundamental de la mente, compuesta por presuposiciones y creencias que predisponen a sentir, pensar y actuar dentro de patrones previsibles. Estas presuposiciones sirven como criterios

fundamentales para la apreciación de las ideas o las creencias que le son presentadas a un individuo. Cabe anotar que este concepto es retomado de los trabajos de Kearney (1984), en donde el mundo se organiza en unas microideas dinámicamente interrelacionadas, que determinan las conductas y decisiones de los sujetos. Así, la propuesta de *World View* está basada en una tendencia estructuralista de la antropología cultural e implica una posición multiculturalista en torno al reconocimiento de los otros. En este sentido, esta noción se configura como un camino que toma la enseñanza de las ciencias para dar cuenta de la visión del mundo donde se consideran las ideas de naturaleza que poseen los estudiantes.

De igual manera, la enseñanza de las ciencias se concibe como la educación de una segunda lengua, donde la ciencia es una cultura nueva para el estudiante, con sus propias lógicas, formas de formular problemas, con perspectivas propias en su interior, al igual que con entidades abstractas según su visión del mundo. En su trabajo de 1996 muestra cómo la educación elemental científica japonesa se basa en el amor tradicional japonés por la naturaleza, siendo éste un ejemplo de la incorporación cultural en los planes de estudio (Cobern, 1991, 1994, 1996; Espitia, 2005).

Por otro lado, Molina (2000, 2004) propone el concepto de *Conglomerado de Relevancias*, que estudia las interrelaciones entre conocimiento y cultura. De igual forma, postula que el significado es dependiente del contexto y que la significación de la experiencia se puede llevar al lenguaje, en el cual se van a evidenciar “valores, conglomerados de relevancias que se expresan, y señalan la creencia, legitimidad, convivencia de aquello que es significativo y que ellos (los conglomerados) remiten a los contextos culturales” (Molina, 2004, p. 193).

De igual forma, el *Conglomerado de Relevancias* se propone con el fin de caracterizar las visiones y perspectivas sobre el mundo natural resultantes de los intercambios culturales que se presentan en una sociedad caracterizada por su diversidad. Se basa en la idea de valor como decisión de Ricoeur, que permite resolver las opciones de significar presentes en los intercambios entre culturas; las relaciones entre diferentes sistemas de conocimiento se entienden como intercambios que tienen sus orígenes en la conformación de las mismas culturas (Molina, 2000, 2004).

En el mismo orden, esta categoría se construyó bajo supuestos como: los niños y niñas elaboran significados; los significados intermedian el proceso de conocer; los procesos de significación se constituyen –junto con criterios de *selección*– en la construcción del conocimiento, ya que no todo lo que se ve es percibido, no todo lo que sucede es valorizado con el mismo peso;

los significados se expresan en el lenguaje, en este sentido, la cultura determina los esquemas de significación transmitidos históricamente, los cuales pueden ser reconstruidos a partir de sus representaciones y elaboraciones simbólicas y sus interrelaciones, como también a partir de sus productos, valores, actitudes y demás manifestaciones; y finalmente los significados pueden ser estudiados por la semántica (Molina, 2008).

El enfoque cultural que se maneja en este tipo de configuraciones para estudiar las ideas de naturaleza es de tipo multicultural, donde se entiende que los diferentes conocimientos se ponen en contacto cuando se realiza el proceso de enseñanza-aprendizaje (Cobern, 1994, 1996; Cobern y Aikenhead, 1998; Aikenhead, 1996, 2001; Costa, 1995; Molina, 2000, 2006).

Algunas miradas sobre el pensamiento de los niños y niñas en marcos culturales específicos

En este apartado se señalan algunas miradas a nivel mundial que se han considerado al elegir algunos de los caminos mencionados en el apartado anterior, de modo que se retomaran algunos trabajos realizados respecto a esas perspectivas.

En primer lugar, Fleer (1997) hace mención del estudio con niños indígenas australianos, quienes por medio de sus historias tradicionales relatan cuentos sobre el día y la noche alrededor de Australia, configurándose como un estudio experimental que pretendió descubrir los pensamientos que poseen sobre día y noche estos niños entre cuatro y ocho años de edad, pobladores de Nuevo Gales, ubicado al sur del país australiano. Esta investigación se sustentó en las siguientes inquietudes: ¿Cómo estas historias tradicionales influyen en su pensamiento científico?, ¿hay otras prácticas culturales que puedan influenciar los conocimientos de los niños en la ciencia? Entre tanto resaltan en esta investigación que los niños se caracterizan por tener una forma de pensar específica en lo que concierne a los astros y a los fenómenos naturales que se entretienen a su alrededor.

Por su parte, Fernández (2004) estudia el desarrollo del conocimiento del día y la noche en niños de Barcelona e indígenas Karajás (Brasil) de diferentes edades, identificando distintas concepciones acerca de este conocimiento, ejecutando como instrumento una entrevista semiestructurada. Asimismo, hace un análisis cualitativo a las respuestas obtenidas y configura cuatro categorías: a) concepciones basadas en la percepción aparente; b) concepciones que articulan datos de la percepción aparente con conocimientos culturales; c) concepciones que son interpretaciones erróneas de

los conocimientos culturales, y d) concepción científica. Este se ostenta como un estudio *Cross Cultural*, donde se determina homogeneidad en las concepciones, que se explican por un proceso de construcción común y por el acceso de ambos grupos a la explicación científica. Ciertamente, las diferencias percibidas las encuentra en la construcción inicial de este conocimiento.

Entre tanto, con respecto a esta tendencia de comparación entre dos países sobre el pensamiento de los estudiantes con respecto a algunos fenómenos naturales, Shu-Chiu Liu (2005) hace una comparación de las ideas alternativas de los estudiantes en dos países, Taiwán y Alemania, por medio de entrevistas semi-estructuradas, acerca de su pensamiento sobre los “cielos” (espacio, cuerpos divinos y acontecimientos astronómicos familiares) y “la tierra” (aspecto, forma, movimiento y, en ciertos casos, gravedad). Los resultados mostraron que sus modelos alternativos “de los cielos y de la tierra” obtenidos en las entrevistas tienen fuerza para explicar acontecimientos astronómicos familiares. Muestra cómo los estudiantes alemanes manifiestan más intención (o son más conscientes de la necesidad) para explicar fenómenos astronómicos que sus colegas taiwaneses, debido a que presentaron modelos más exactos con respecto al modelo cosmológico occidental y que –según el autor– es el que contiene mayor poder explicativo. Por su lado, los estudiantes de Taiwán parecían tener más imaginación y flexibilidad conceptual, aspecto que debe también ser valorado, sugiere el autor.

Un aspecto clave en los trabajos de Shu-Chiu Liu (2005), Aldridge y Fraser (2000), Okhee Lee (2003), Riley (2001) y Aikenhead (1996), es la tendencia a la comparación de aspectos culturales en la educación en ciencias, relacionados con los rasgos lingüísticos de los estudiantes y docentes, y las características culturales en el aula de clases.

Por otro lado Molina (2004), en su trabajo sobre los U'was, encuentra que las ideas de naturaleza se relacionan con el grado de importancia que otorgan los sujetos a sus experiencias, y que estas se pueden estudiar mediante el concepto de *Conglomerado de Relevancias*. Así se evidencia cómo las explicaciones sobre la naturaleza de niños y niñas tienen una característica de utilidad; también pueden ser vistas como emblema nacional, pueden tener características naturalistas, entre otras. En ese orden, plantea que las ideas de naturaleza de cuatro grupos distintos (ciudadino, inmigrante, campesino de influencia U'wa y U'wa) demuestran los intercambios y orígenes que pueden remitirse a los siglos XVIII, XIX y XX de la historia nacional.

En otro trabajo realizado por Molina (2000, 2007), se pone en evidencia que en una comunidad escolar ciudadana se pueden identificar visiones tanto

de origen occidental como no occidental al explicar los fenómenos de la naturaleza.

En estas posiciones se identifica la tensión presente en los encuentros culturales, haciéndose necesaria la comprensión de los significados, criterios de valor y diálogos que se dan sobre la naturaleza en la clase de ciencias naturales, donde se recrean una serie de enunciaciones culturalmente dependientes, lo cual implica no solo intercambios de contenidos (o corpus explicativos) sino negociación entre los criterios de valor de los diferentes actores que interactúan en el diálogo. En consideración a ello, se hace necesario atender a las ideas de naturaleza que se exponen culturalmente por grupos indígenas y subalternos, así como por la ciencia occidental, la cual es retomada –en la mayoría de los casos– en las clases de ciencias naturales.

Dos miradas sobre la idea de naturaleza. La Sikuni y la Occidental

Al observar los caminos generados en torno al estudio de la idea de naturaleza –como de otros fenómenos naturales– en el presente apartado se consideran estas ideas como fuentes de conocimiento (Elkana, 1983) desde dos puntos de vista, el Occidental y el Sikuni, los cuales hacen parte de la comunidad escolar estudiada. Igualmente, se presentan en escena algunas narraciones de los estudiantes y ciertos aspectos de la cosmología Sikuni; es importante resaltar que tanto una visión como la otra tienen un alto poder explicativo y ninguna sobrepasa a la otra, son explicaciones sobre el mundo; pese a esto y por motivos de extensión, solo se retomarán algunos aspectos fundamentales.

Inicialmente, es indispensable mencionar que este diálogo, en particular sobre las ideas de naturaleza, es cultural, esbozándose una serie de ideas sobre ella, las cuales se recrean en la clase de ciencias, hecho que implica no solo intercambios de contenidos (o corpus explicativos) sino negociación entre los criterios de valor de los diferentes actores que interactúan. Asimismo, se entiende que las ideas y las creencias sobre la naturaleza cambian y se modifican con la época, además, que las culturas y los intercambios entre estas dinamizan las ideas, concepciones y conocimientos en las sociedades y en los individuos (Glacken, 1967; Elkana, 1983; Knopf, 1987; Molina, 2006; Fleer, 1997).

Al explorar la idea de naturaleza, la ciencia en ocasiones la sitúa al servicio de los seres humanos y en una relación de dominación. Algunas opiniones, como las de Watanabe (1974), Hooykaas (1972) y Glover (1984), afirman que esta idea ha sido fundamental en el desarrollo del pensamiento

científico y su origen se remonta al relato bíblico, donde se adjudica a los humanos el papel de señores de la creación. Desde otro punto de vista, se encuentra que es modificada cuando se plantea una relación de respeto hacia ella –y en ocasiones de subordinación–, de manera similar se observan influencias del conocimiento escolar, valores éticos, estéticos y emocionales de corte occidental. En otros casos los compromisos políticos de las comunidades indígenas también hacen parte de las ideas estudiadas (Molina, 2006).

En el caso de la comunidad Sikvani, que es representativa en el *Colegio Agropecuario Silvino Caro Heredia*, trabajos como los de Mariño (1963), Ortiz (1983) y Suárez (1996) muestran que sus ideas de naturaleza están orientadas por valores como el río y la selva, debido a que se identifican como gente de la sabana, en contraposición a otros grupos indígenas de la región, que se identifican como gente de la selva; además, su sustento se encuentra ligado a estos lugares, como también a los bosques de galería, lo que constituye una fuerte tendencia al cuidado del agua y al manejo de la agricultura.

Asimismo, el mito de origen de la comunidad Sikvani explica el surgimiento de la agricultura como de la sociedad misma. En este sentido, hay una tendencia a ubicarse en lugares abiertos y a cuidar su medio ambiente. En su cosmovisión se muestra una relación directa con los seres del agua, quienes “en los días de menstruación asechan a las muchachas para rap-társelas” (Ortiz, 1983. prr, 21). Igualmente hay una fuerte tendencia a la asignación de criterios de valor a diferentes animales; es el caso del zorro, que trae malas noticias y el cual tiene una representación específica en su cosmovisión sobre el universo, que se refleja en su cestería.

Hay leyendas que refieren a su cosmovisión y al espacio que habitan como *Kaliwirnae* y *Matsudan*. La primera, referencia a la serranía con un elemento importante, el bejuco; este es un lugar atado al cielo y al cultivo de las plantas, hecho que explica el color rojizo de los atardeceres llaneros. La segunda, muestra una historia del hijo de *Furna Minali*, quien nació del semen de un puma y es capaz de tener relaciones entre los mundos Sikvani: el mundo del Rey Zamuro y el mundo del Árbol Kalía Wirinac, el mundo de las Estrellas del Pueblo Tsamant, el mundo Subterráneo y el mundo Subacuático de Bakatsolawa (Ortiz, 1983).

Como se puede observar, las ideas sobre el mundo natural para los diferentes pueblos son diversas y hacen referencia a su cultura, en consecuencia, la idea de naturaleza de los estudiantes está condicionada por las culturas de base y su construcción se encuentra determinada por una serie

de situaciones socio-culturales propias de los escenarios donde se configuran. En este sentido, la metodología de la investigación debe ser acorde con estos planteamientos, de modo que se propone a continuación la metodología como una forma de llegar a indagar este tipo de ideas.

La metodología

La metodología de la presente investigación se enmarca dentro de un enfoque cualitativo que permite la elucidación cultural del universo interpretativo del otro. En este sentido, no se utilizan categorías predefinidas, por el contrario, se trata de categorías abiertas que dependen de la comunidad.

Las categorías metodológicas adoptadas se articulan con el concepto de conglomerado de relevancias (Molina, 2000, 2008) y son tres: a) idea de narrativa, esto es, la forma como se concebirán las cartas de los niños y las niñas; b) contenido semántico, los criterios de interpretación de las declaraciones de los niños y niñas; y c) contexto cultural.

a. Las narrativas

Son expresadas en las cartas, permitiendo evidenciar y organizar la experiencia de los sujetos, sus conocimientos, las negociaciones con el mundo social y natural, junto con los valores asociados a ellos. Además, Molina (2008) argumenta “entender la narrativa en el marco de la investigación histórica, brinda referencias para una aproximación a los orígenes culturales de nuestras cartas” (p. 6).

En este tipo de reconstrucción de la realidad se entrelazan una serie de significados que hacen a los sujetos organizar sus experiencias y conocimientos. Retomando a Bruner (1990b) cabe anotar que:

las narraciones pueden ser reales o imaginarias y lo que determina su configuración global como trama, no es la verdad o falsedad de sus oraciones (su inferencia fáctica), sino la secuenciación de las mismas. Anota Ricoeur que la tradición (la cultura) proporciona la “lógica imposible de las estructuras narrativas”, mediante las cuales miradas de secuencias se enlazan entre sí para construir narraciones” (p. 57).

b. El contenido semántico

Permite la interpretación de las cartas, ya que provee el sentido a las mismas (el qué, lo que se quiere decir, la intención expresada). Pero el sentido

está atravesado por las intenciones de quien habla, o sea, por su propósito de referirse a algo, donde se establece una conexión entre el lenguaje y el mundo del sujeto, por ende sus experiencias, permitiendo estudiar ideas plasmadas en sus narrativas; en consecuencia, las narraciones de los niños están relacionadas con sus experiencias cotidianas e ideas, en este caso, sobre el mundo natural (Molina, 2008).

De modo que el contenido semántico despliega aquello que los sujetos quieren decir, proponiendo una serie de supuestos, predicciones, actitudes, conceptos, entre otros, expresados en sus narraciones. En efecto:

conecta su experiencia en el mundo con el lenguaje utilizado en su discurso, en este caso su idea de naturaleza. Dicha relación entre sentido y referencia, en el contenido semántico a establecer en la interpretación de las narrativas, debe explicitar sus marcos de referencia; con ellos los sujetos construyen el mundo, caracterizan su curso, segmentan los acontecimientos, se orientan y también construyen su conocimiento (Molina, 2008, p. 10).

Para poder realizar la interpretación se plantean varias hipótesis sobre las intenciones que las orientan:

a) proponer una predicción o supuesto mediante un modo subjuntivo o afirmativo; b) expresar un valor estético mediante adjetivos; c) expresar un criterio moral, una crítica o justificación de la acción humana, mediante afirmaciones de tipo moral; d) expresar una emoción; e) formular conceptos como partir de las propiedades de los objetos mediante adjetivos, con categorías mediante sustantivos, con enumeraciones de entes mediante sustantivos, con la caracterización de procesos naturales y relaciones a partir de verbos y adverbios; y f) expresar una actitud crítica hacia el comportamiento humano mediante afirmaciones (Molina, 2008, p. 10).

c. El contexto cultural

Es una interpretación comparada e histórica, que tienen en la base la comprensión de las ideas de naturaleza en su contexto y además las relaciones que adoptan los seres humanos con ella, ya que “los contextos culturales dan sentido y significado a tales ideas” (Molina, 2000, p. 11). Además, se reconoce que los sujetos interpretan de forma distinta los mensajes que se les transmiten, lo cual implica que las acciones simbólicas están determinadas por una escala de valores: *un conglomerado de relevancias*.

Este se desarrolla en cuatro fases descritas a continuación:

- a. Configuración de un marco interpretativo de las ideas de naturaleza por medio del análisis de las fuentes documentales y realización de fichas referidas a la cosmovisión de los pueblos indígenas y tradicionales, así como a la idea de naturaleza desde la ciencia occidental.
- b. Reconocimiento de la comunidad de estudio. Este proceso tardó aproximadamente un año desde los contactos iniciales con los miembros de la comunidad hasta el momento de la primera visita, inicialmente por medio de entrevistas con personajes de la comunidad educativa que se realizaron en Bogotá y luego en una visita al lugar de estudio en julio del año 2008. Cabe resaltar que el viaje al Viento (Vichada) tiene una duración de entre uno y tres días, dependiendo de las condiciones climáticas. La llegada a la comunidad se hace en “chiva”, camión o cualquier bus que viaje a la región del Vichada a través de Puerto Gaitán (Departamento del Meta), o por vías fluviales; posteriormente es necesario transportarse en una moto durante tres a cinco horas si la vía está en perfectas condiciones.
- c. Recolección de la información. En la segunda visita a la comunidad, un año después, y al conocer a los niños del colegio, luego de presenciar algunas clases y establecer un acuerdo con el Rector y la Profesora de Ciencias, se solicita a los niños que realicen una *carta a un extraterrestre* para explicarle qué es la naturaleza.
- d. Conglomerados de relevancias en las ideas de los niños Sikuanis y Llaneros del cuarto grado. Este cuarto proceso se llevó a cabo en la ciudad de Bogotá, teniendo en cuenta las orientaciones dadas en Molina (2008) que se refieren al análisis del contenido semántico.

Dado que la investigación implica estudiantes de dos comunidades, se procedió a la comparación entre ellas, no para establecer características culturales sustantivas de cada uno de los grupos involucrados, sino porque interesa –en términos de García Canclini (2002)– lo adjetivo, que aproxima al sentido (lo importante, creíble, verificable, bello, simétrico, correcto, adecuado para los niños y niñas Sikuanis y Llaneros) que se manifiesta en sus narrativas en torno a la naturaleza.

La perspectiva asumida es intercultural, debido a que valora las ideas expresadas por los sujetos y no las discrimina según el estatus de quien las emite; igualmente, se reconoce que los sujetos tienen una historia propia adquirida a lo largo de sus vidas que se expresa en sus interacciones basadas en experiencias con el mundo social y natural; de la misma forma, se reconoce la historia de los sujetos y se le da atención. Asimismo, el aula de

clases se entiende como un lugar donde predomina el diálogo y el intercambio de saberes; el lenguaje de los estudiantes es valorado positivamente; hay un reconocimiento de sus saberes, experiencias que se exponen por medio de sus narraciones, dibujos y oralidad. Estos aspectos aportan elementos orientadores dentro del proceso interpretativo para la constitución de las narrativas.

Por otra parte, se considera que sus ideas, diálogos e intercambios dinamizan la constitución de los sujetos en diferentes ámbitos, como las prácticas sociales, los conocimientos que elaboran, las ideas que exponen, el significado que les atribuyen a las mismas; en este último caso las fuentes de conocimiento, los métodos de construcción, así como los mismos corpus y/o contenidos, cristalizan sentidos presentes en los contextos culturales en los cuales estas actividades tienen curso (Elkana, 1983; Geertz, 1983).

Cabe anotar que las redes de significados son públicas y se particularizan en cada sujeto mediante la elaboración de sentido (Bruner y Haste, 1990). Según Coll y Muller (2005) “la Sociología interpretativa de los actores sociales rompe con la forma de entender la socialización como programación cultural, mediante la cual los niños absorben pasivamente las realidades con las que entran en contacto” (p. 163). **No se trata de adaptación o interiorización de las reglas, hábitos y valores del mundo adulto; ellos atribuyen significados al mundo que los rodea.**

Es importante anotar que los significados se entretajan y crean conexiones que permiten la transformación de los contextos de uso, proceso en el cual se generan condiciones para la inclusión o exclusión. Para este caso se considera un diálogo igualitario entre la voz de los diferentes actores culturales –los cuales hacen parte de la clase de ciencias– y los conocimientos escolares, científicos, tradicionales y culturales; se busca dar la voz a los niños cuando se refieren a sus ideas de naturaleza, y así poder realizar una interpretación sobre lo que se valora en su discurso.

Carta al extraterrestre, la “recuperación de la experiencia”

Considerando el marco metodológico que proporcionan los *conglomerados de relevancias*, las niñas y niños establecen en su discurso diversos niveles de importancia y jerarquía, para este caso particular, sobre su idea de la naturaleza.

En este sentido, sus cartas están mediadas por una interacción discursiva, donde ellos retoman los significados acerca de algo (eventos, descripcio-

nes, explicaciones) así, el establecimiento de su importancia y relevancia depende de la forma en que está presente o remite al contexto en donde ellos fueron producidos y recreados; cabe aclarar que el lugar de generación de la carta al extraterrestre es la clase de ciencias.

Ello concibe una continuidad del contexto (referida al tiempo) y aparece el dislocamiento, tanto temporal (traer de un contexto pasado a otro diferente, presente) como de uso. Al respecto nos comenta Molina: “En este caso, hace alusión al contexto del habla y al contexto de un texto escrito. Es posible producir dislocamientos y pasar de un contexto verbal a uno escrito y viceversa” (2008, p. 12).

Asimismo, la carta al extraterrestre da la posibilidad al estudiante de describir de una manera más amplia sus ideas de la naturaleza al encontrarse con un ser ajeno al planeta Tierra, situación que genera el proceso de extrañamiento, donde se busca que la descripción que haga el niño de la naturaleza y de los criterios de valor inmersos en la misma, sea lo más rica posible, dado que por medio de ésta puede expresar sus preocupaciones, ideas, valores, como también las historias que quieren contar, lo relevante en ellas y cómo perciben ciertos espacios (Moura de Macedo, 2007).

Ahora bien, retomando estudios anteriores (Molina, 2005, 2008) que han utilizado esta metodología, las jerarquías de valores encontradas son:

- Primacía de valores estéticos más que de criterios morales, conceptuales, o actitudinales.
- Primacía de criterios conceptuales más que de aspectos morales, emocionales, estéticos.
- Primacía de criterios morales más que de aspectos conceptuales, emocionales, etc.
- Establecimiento de simetrías entre aspectos conceptuales, morales, emocionales.
- Se concentraron en un solo aspecto: intensión únicamente moral, crítica, conceptual, entre otras.

Interpretación de las cartas

En este apartado se realiza el análisis de cuatro cartas, teniendo en cuenta las narraciones de los niños y el contexto de generación de las mismas.

El contexto de la generación de la carta. La clase de ciencias

La clase de ciencias se constituye como un lugar para el intercambio cultural, en donde la cultura de base de los estudiantes da la posibilidad a un

sinnúmero de negociaciones asociadas a la construcción de sentido, la cual se encuentra ligada a sus creencias, pensamientos, referentes educativos, entre otros.

De esta forma, el *Colegio Agropecuario Silvino Caro Heredia* tiene una alta diversidad, representada en estudiantes de grupos culturalmente diferenciados, entre ellos Sikuni, Salibas y Llaneros. Además es un colegio internado con aproximadamente 160 estudiantes. En consecuencia, la generación de la carta al extraterrestre se hace en un contexto escolar marcado por una fuerte diversidad cultural.

Las narrativas de los niños y las niñas

Para la interpretación se tomaron las cartas al extraterrestre de cuatro niños y niñas de cuarto grado, con el enfoque planteado anteriormente. La voz principal está puesta en estas narraciones, por lo cual se exhiben en primer lugar; cabe resaltar que a los niños se les pidió autorización para la utilización de las mismas. Las narraciones interpretadas corresponden a cuatro estudiantes que, por diferentes motivos, se denominarán con otros nombres: David, Laura, Julián y Flor. Cada aspecto de su narración, cada fragmento, es visualizado como un espacio de significado, donde pueden encontrarse una serie de criterios de valor, que dan la posibilidad de valorar positivamente todos los lugares que narran, o quieren expresar o mostrar en su discurso sobre la naturaleza.

David: una narrativa Llanera

Carta para los extraterrestres... Hola, cómo estás querido amigos extraterrestres. Quería comentarles sobre la naturaleza: está llena de riquezas, animales y plantas. En nuestra naturaleza hay muchas especies de plantas, animales, etc. y nosotros los hombres estamos acabando con la naturaleza... Las plantas y los animales necesitan de un medio ambiente sano y saludable. Te voy a hablar sobre algunos animales ¿conoces a los leones, tigres, panteras, vacas, caballos y otros más, los peces como bagre, cachama, pavón, palometa, bocona, nilusa, toro, capaz, chancleto, mataguaro, sardinas, mojarra, etc? Llena de seres vivos, seres no vivos, plantas, animales, mamíferos, reptiles, anfibios, vertebrados, invertebrados, insectos, minerales, nutrientes y sustancias contaminadas, todos estos grupos conforman un ecosistema (2009).

Al observar la narración sobre la naturaleza, se encuentran varios criterios de valor basados en sus experiencias inmediata y mediada. La experiencia inmediata a la que hace referencia es una fuente de conocimiento sobre el río. Por su parte, la experiencia mediada está relacionada con el conoci-

miento escolar, con un aliciente especial, un criterio ético hacia el cuidado del ambiente.

Una referencia a estos puntos se observa en su narración cuando declara “llena de seres vivos, seres no vivos, plantas, animales, mamíferos, reptiles, anfibios, vertebrados, invertebrados, insectos, minerales, nutrientes y sustancias contaminadas, todos estos grupos conforman un ecosistema”. Se encuentra una descripción que toma elementos del conocimiento escolar referido a las clases dentro del reino animal; es de anotar que relaciona tanto los seres vivos como los no vivos, generando una visión holística de la naturaleza, dentro de un conjunto que él reconoce como ecosistema, siendo esta una experiencia mediada por la escuela. Además su intención en este espacio de la narración se formula con base en conceptos de la ciencia escolar mediante categorías expresadas en las ciencias Biológicas, más aun, en la definición de ecosistema.

Asimismo en esta experiencia mediada se encuentra un criterio ético hacia el cuidado de la naturaleza al reconocer que existen sustancias que contaminan. Cabe resaltar que él refuerza el criterio ético en su narración cuando menciona: “nosotros los hombres estamos acabando con la naturaleza... Las plantas y los animales necesitan de un medio ambiente sano y saludable”, con lo que se jerarquiza el papel de los seres humanos en relación con otras especies de la naturaleza, así como el rol que juegan en la intervención “antropica” sobre el ecosistema.

Es de resaltar que la descripción se centra más en los animales que en las plantas, mostrando así un nivel de importancia de los primeros sobre los frutos o vegetales y otros reinos; en este sentido, categoriza su realidad inmediata y mediada, realizando una enumeración de ciertos animales que le parecen importantes, mostrando la diversidad de ellos. Al respecto dice: “te voy me hablar sobre algunos animales ¿conoces a los leones, tigres, panteras, vacas, caballos y otros más, los peces como bagre, cachama, pavón, palometa, bocona, nilusa, toro, capaz, chancleto, mataguaro, sardinas, mojaras, etc?”

Se observa una jerarquía en torno a los animales de su cotidianidad, sin embargo se encuentran dos animales que no hacen parte de su contexto ambiental, como los leones y las panteras, lo que permite inferir una relación muy cercana entre el conocimiento escolar y el conocimiento cotidiano, o más aun, entre sus experiencias inmediata y mediada, lo cual permite ver que sus criterios de valor están mediados por una interrelación entre estos tipos de experiencias.

Es de suma importancia anotar que su conocimiento sobre los animales es muy amplio y que además tienen más relevancia los animales que conoce en su experiencia inmediata con las fuentes de conocimiento que brindan los Llanos Orientales y la Orinoquia colombiana. En especial se encuentra una relación de fuerza y apego con el río: se citan doce tipos de peces de la región. Cabe recordar que la mayoría de los niños saben pescar, que sus familiares y comunidad son de tipo Llanero, esto implica un conocimiento de las relaciones con su medio ambiente, en donde la pesca y el manejo de ganado son fuentes de empleo de la zona, así como los cultivos de arroz.

Asimismo, en la narración se evidencia cuánto le importan los recursos del río y el agua como fuente de vida, de sustento y utilidad. Por lo anterior, la naturaleza es útil para la sobrevivencia, y al mismo tiempo muestra que es diversa.

En consonancia, al explicitar algunas ideas en la carta a un extraterrestre, se observa una tendencia a referenciar: “la naturaleza está llena de riquezas, animales y plantas. En nuestra naturaleza hay muchas especies de plantas, animales, etc.”, siendo este un criterio naturalista desde la ciencia escolar, y reflejando además la diversidad con la cual coexiste.

Laura: una narrativa híbrida

la naturaleza es un ser vivo: es bonita, linda, grande, y además nos da la respiración, además tiene vida, tallo, raís, ojas y el árbol sirve para la madera, para las mesas y las camas y cajones, para producir frutas y flores y alimentos (2009).

Al observar esta narración se encuentran varios criterios de valor basados en sus experiencias inmediata y mediada. La experiencia inmediata a la que hace referencia es un criterio estético, ya que le confiere adjetivos calificativos como “es bonita, linda” a su experiencia con la naturaleza. Asimismo hace referencia a un criterio de utilidad de la naturaleza al servicio de los seres humanos, cuando explicita que “nos da la respiración” y que provee de madera. La experiencia mediada, por su lado, está relacionada con el conocimiento escolar, con un incentivo especial, un criterio ético hacia el cuidado del medio ambiente.

Cuando afirma que “la naturaleza es un ser vivo”, y que “además tiene vida, tallo”, se encuentra una experiencia mediada por la escuela y así mismo por su entorno. Debemos aclarar que su familia es indígena y mestiza, lo cual hace que sus interpretaciones sobre la naturaleza tengan una doble dimensión: por un lado sus fuertes raíces indígenas Sikuanis, y por el otro,

unas formas propias de explicar desde occidente, de manera que la noción de vida es importante y da sentido a sus explicaciones.

Cuando ella dice “es bonita”, se encuentra un criterio estético; con “linda” ratifica el criterio anterior, calificando la naturaleza desde su posibilidad de interactuar con ella. Asimismo, cuando dice que es “grande”, tiene una doble relación: sentido espacial y criterio hacia lo estético y emocional. Se puede observar que estos criterios surgen de su experiencia inmediata con la naturaleza.

Con referencia a la experiencia mediada, se puede observar cómo también la utiliza en este contexto explicativo cuando comenta “y además nos da la respiración”, expresando un conocimiento escolar anclado a un criterio de utilidad, ya que es la naturaleza la que nos proporciona la posibilidad de respirar.

Además utiliza en su discurso elementos propios de las descripciones realizadas desde las ciencias biológicas para definir la interacción naturaleza- seres vivos cuando dice “tallos, *rais*, *ojas*”, así que hay en su narrativa un conocimiento conceptual respecto de las estructuras de las plantas. En este sentido se expresa de nuevo el conocimiento escolar.

Igualmente ratifica el papel de la naturaleza como proveedora, pues expresa: “y el árbol sirve para la madera, para las mesas y las camas y cajones”. En este fragmento podemos observar cómo se evidencia el carácter de utilidad que tiene la naturaleza como proveedora de materias primas para la elaboración de ciertos bienes. En este sentido y retomando a Bourdieu (2008, 1998), se encuentra un valor económico y de uso.

De la misma forma, cuando dice “*para producir frutas y flores y alimentos*”, se evidencia un carácter de dependencia y subsistencia con referencia a la naturaleza como “Madre proveedora”. En este sentido se expresa la necesidad que los seres humanos tenemos de ella, ya que nos proporciona alimento.

En sentido general, la narración tiene características híbridas debido a que utiliza criterios estéticos, emocionales, de utilidad y naturalistas con referencia a la naturaleza; asimismo, informa sobre las relaciones de la naturaleza con los seres humanos. Utiliza los conceptos dados en la ciencia occidental para describir las plantas. Es necesario resaltar que en su narración, la naturaleza está asociada a las plantas y no hace alusión directa a los animales.

Julián: una narrativa Sikuaní

La naturaleza es buena para los animales, para los seres humanos. Los seres humanos necesitan el oxígeno y las plantas, los animales, la naturaleza necesitan el agua... Las plantas necesitan el dióxido de carbono, las plantas necesitan el agua para producir sus propio alimento, las plantas buscan su propio alimento debajo de la tierra y debajo de las tierras hay mucho alimento para las plantas... Ejemplo: dióxido de carbono y sol sobre los animales... Hay en la tierra mucho animales como los venados, los animales que ven en las sabanas como cachicamo, lagartijo, ratones... Los animales que viven en el montes... Los animales que viven en el monte... como los micos, la lapa, el picure.

En la naturaleza hay muchas plantas, hay diferentes clases de árboles. La naturaleza importante para el ser humano, para sembrar arroz maru; en la naturaleza hay muchos diferentes animales, en la naturaleza pasto, arboles, piedras, montañas, ríos, culebras, en la naturaleza hay cantidad de animales. Si un árbol tumbamos, en el tronco sale ramitas y las hoja salen verdecitas; en la naturaleza hay muchos animales, también hay debajo en la tierra hay lombriz, cien patas, chicharra, culebra; y la naturaleza hay muchos seres vivos y los se naturaleza da oxígeno la planta (2009).

Al observar esta narración se encuentran varios criterios de valor basados en experiencias inmediata y mediada. La experiencia inmediata a la que hace referencia es una fuente de conocimiento sobre los animales, de los espacios como las sabanas, el monte y los sembradíos de arroz. Es necesario resaltar cómo explica las dinámicas de las plantas y los animales, y los procesos que se dan en un sitio determinado, como la tierra. La experiencia mediada está en relación con las explicaciones sobre la naturaleza, en las cuales utiliza el conocimiento escolar cuando relaciona el oxígeno y el proceso de respiración con un estímulo específico; sus descripciones sobre los procesos y los sitios son muy detalladas, lo que implica un amplio conocimiento de su entorno.

Un criterio que expone Julián con referencia a la naturaleza es el de bienestar, tanto para los seres humanos como para los animales: “La naturaleza es buena para los animales, para los seres humanos”. Igualmente explica cuál es la relación entre el hombre y la naturaleza, generando subordinación del hombre y los animales a la misma. Es interesante anotar que esta visión es opuesta a la que se tiene en la ciencia occidental, donde la naturaleza es subordinada al hombre, como lo citan Watanabe (1974), Hooykaas (1972) y Glover (1984).

Asimismo es necesario resaltar cómo contempla la relación de los seres humanos, los animales y las plantas con el oxígeno, ya que proporciona nuevos elementos de su experiencia mediada en las relaciones de dependencia que todos estos tienen con la naturaleza. En este sentido menciona: “los seres humanos necesitan el oxígeno y las plantas, los animales, la naturaleza necesitan el agua”. Además es importante destacar cómo expresa una interrelación de dependencia de los seres humanos con el oxígeno; de las plantas con los animales y de la naturaleza con el agua; se discurre que en esta narración es posible entrever relaciones de jerarquía, donde la naturaleza está en un lugar privilegiado. En definitiva, debemos subrayar el papel que el estudiante le otorga al oxígeno en la vida del ser humano; en este sentido propone supuestos y formula conceptos.

En torno a su discurso y con referencia a la naturaleza, demuestra un hibridismo de su conocimiento, donde retoma conceptos de la ciencia escolar y los vincula con su experiencia inmediata cuando enuncia su saber acerca de los seres vivos que hay “debajo de la tierra”, así como elementos que proveen alimento a las plantas y las condiciones necesarias para la vida. Al respecto Julián opina: “Las plantas necesitan el dióxido de carbono, las plantas necesitan el agua para producir sus propio alimento, las plantas buscan su propio alimento debajo de la tierra y debajo de las tierras hay mucho alimento para las plantas... también hay debajo en la tierra hay lombriz, cien patas, chicharra, culebra”. En este apartado el estudiante distingue tres posibles fuentes de alimentos para las plantas: el dióxido de carbono, el agua y “debajo de la tierra”. De estas, el dióxido de carbono es un concepto de la ciencia escolar; por el contrario, el agua y la tierra son conceptos concernientes más a su experiencia inmediata.

Representa su conocimiento por medio de una serie de agrupaciones y da a conocer una categorización propia de los animales, haciendo alusión al lugar donde habitan. En este momento se hace necesario retomar las ideas de Jorge Luis Borges cuando comenta en su texto, *El idioma analítico de John Wilkins*, que los seres humanos, a lo largo de la historia, han postulado muchas taxonomías del mundo, de la naturaleza, y que algunas han sido realmente ingeniosas. Citemos, pues, a Borges a través de un fragmento de la clasificación de los animales, que fue retomado por Foucault en el prefacio de su libro *Las palabras y las cosas*:

Esas ambigüedades, redundancias y deficiencias recuerdan las que el doctor Franz Kuhn atribuye a cierta enciclopedia china que se titula Emporio celestial de conocimientos benévolos. En sus remotas páginas está escrito que los animales se dividen en a) pertenecientes al Emperador, b) embalsamados, c) amaestrados, d) lechones, e) sire-

nas, f) fabulosos, g) perros sueltos, h) incluidos en esta clasificación, i) que se agitan como locos, j) innumerables, k) dibujados con un pincel finísimo de pelo de camello, l) etcétera, m) que acaban de romper el jarrón, n) que de lejos parecen moscas (Foucault, 1966).

En este sentido, las categorías que asigna Julián son una forma específica de clasificación de su experiencia inmediata, y además, de su forma de estructurar las relaciones con su medio, afirmando:

Hay en la tierra mucho animales como los venados, los animales que ven en las sabanas como cachicamo, lagartijo, ratones... Los animales que viven en el monte... Los animales que viven en el monte... como los micos, la lapa, el picture (...) en la naturaleza hay muchos animales, también hay debajo en la tierra, hay lombriz, cien patas, chicharra, culebra; y, la naturaleza hay muchos seres vivos y los se naturaleza da oxígeno la planta.

Cabe resaltar que localiza ciertos animales con mucha preocupación del lugar donde habitan y de las relaciones que tienen con otros. Es de anotar cómo cita Foucault (1996) en su análisis al fragmento de Borges:

la enciclopedia china localiza sus poderes de contagio; distingue con todo cuidado entre los animales reales (que se agitan como locos o que acaban de romper el jarrón) y los que sólo tienen su sitio en lo imaginario. (...) No son los animales "fabulosos" los que son imposibles, ya que están designados como tales, sino la escasa distancia en que están yuxtapuestos a los perros sueltos o a aquellos que de lejos parecen moscas. Lo que viola cualquier imaginación, cualquier pensamiento posible, es simplemente la serie alfabética (a, b, c, d) que liga con todas las demás a cada una de estas categorías (p. 2-3).

Con referencia a este fragmento y al texto de Julián, es necesario observar cómo todos los animales tienen un lugar específico: la sabana, el monte y la tierra; la distancia y la forma en que reúne las categorías están basadas en la localización y en las relaciones que tiene cada uno con las acciones que realizan ciertos grupos humanos con respecto a ellos. Sin embargo, se puede observar que los seres humanos no entran en un lugar específico con referencia a los animales, pero sus relaciones se evidencian de nuevo en "La naturaleza importante para el ser humano, para sembrar arroz maru". En este sentido él trae a escena la utilidad que tiene la naturaleza para la siembra, donde hace referencia a un contexto (los sembradíos de arroz). Con lo anterior, localiza al hombre dentro del contexto de lo natural, aunque lo aísla del grupo de animales. Se refuerza además el papel de la naturaleza asociada a la producción de bienes necesarios para la subsistencia de los seres humanos y actividades productivas como la siembra, haciendo

hincapié nuevamente a conceptos que se refieren a la actividad humana con la naturaleza.

Es importante precisar que esta categorización se ve ejemplificada en las relaciones con el medio, en donde se ostentan una serie de predicciones sobre el papel que ejerce el hombre sobre la naturaleza, cuando asevera: “Si un árbol tumbamos”, resaltando una segunda acción del hombre en la naturaleza; de igual manera, explica qué sucede con el árbol, es decir, cuál es su papel dentro del proceso natural, cuando escribe: “Si un árbol tumbamos, en el tronco sale ramitas y las hoja salen verdecitas”, de modo que el estudiante propone una serie de predicciones y, al mismo tiempo, formula conceptos conexos a su experiencia inmediata.

Flor: una narrativa escolar

Cordial saludo para los extraterrestres. Te voy a explicar sobre los animales. Animales hay 2 tipos de animales: invertebrados, vertebrados y están compuestos por células y tienen dos tipos de nutrición que tienen los animales, que son autótrofos heterótrofos (2009).

Esta narración atañe a un conocimiento científico-escolar, y a diferencia de las otras narrativas, se apoya totalmente en este para dar sus explicaciones en torno a la naturaleza. La estudiante da cuenta de la estructura de la naturaleza desde diferentes puntos de vista:

- “animales invertebrados vertebrados”, división que se da desde la morfología de los sistemas.
- “los animales que son autótrofos heterótrofos”, división que se concibe desde la obtención del alimento.
- “y están compuestos por células”, concibe los animales desde la básica estructural y funcional, en otras palabras, desde lo micro hacia lo macro.

Lo anterior ratifica que se formulan afirmaciones a partir de conceptos y categorías que se encuentran en la ciencia, en especial en las ciencias biológicas, hallando criterios exclusivos de su experiencia mediada. Aquí la fuente de conocimiento se da sobre los conocimientos expuestos en la clase de ciencias con un aliciente especial, una categorización desde occidente, que puede implicar que las explicaciones que dan las ciencias sean más fuertes (Cobern, 2000) que las dadas por su experiencia inmediata.

Otra posible explicación a esta narración es que la estudiante sintió que al estar en el contexto escolar de la clase de ciencias, estaba siendo sometida a una prueba sobre este tipo de conocimientos, ya que se realiza una asociación directa con los criterios expuestos en la clase, de manera que se genera una visión de la naturaleza mediada por la escuela. Su intención

en la narración se formula con base en conceptos de la ciencia escolar mediante categorías expresadas en las ciencias biológicas.

Se observa que la elaboración de la idea de naturaleza se hace desde occidente, y teniendo en consideración a Habermas (1993), se aboga por una construcción de sentido que permite entender el mundo, donde se encuentra presente una concepción de control, siendo necesario aclarar que estas construcciones son históricas y en ellas se encuentra la posibilidad de la predicción.

Consideraciones finales

Desde la perspectiva de las investigaciones en la enseñanza de las ciencias se presenta un estudio que implica una mirada sobre los procesos de diálogo con las ideas de naturaleza que se dan en la clase de ciencias y desde su cultura. En este sentido, Candau y Leite (2007) hacen un llamado de atención acerca de los estudios multi/interculturales, y siguiendo esta sentencia, el presente trabajo propende por dar un aporte en este campo de investigación que tiene gran relevancia para la enseñanza de las ciencias en contextos culturalmente diversos.

Siguiendo el mismo orden de ideas, la clase de ciencias naturales es reconocida como un escenario donde predomina el diálogo y el cuestionamiento de los diferentes saberes y representaciones de la realidad, propicia la ocasión para indagar cómo las ideas de naturaleza dependen de las condiciones de vida de cada uno de los niños y cómo su experiencia mediada por las aulas de clase se ratifica o no en sus explicaciones y negociaciones.

Gracias a lo anterior se concibe cómo se priorizan las negociaciones culturales en la clase de ciencias con respecto a las ideas de los niños y niñas con diferentes tipos de ascendencia, entre las que se destacan los Sikuanis, los Llaneros, y los "Colonos". Por tanto, la propuesta se refiere a las relaciones entre la cultura de base de los estudiantes y las explicaciones de los niños y niñas para avanzar en la comprensión de la constitución de sus conocimientos en la clase de ciencias. Desde este punto de vista, la manera como los sujetos construyen, conciben y dialogan sus ideas, se enmarca como un hecho social que es observable, y además que permite pensar los procesos de construcción de significado en los actores sociales, siendo mediados por una cultura de tipo local.

Lo anterior se evidencia gracias a estas narraciones donde se divisan las ideas de los estudiantes y de la ciencia escolar estándar occidental, dando

lugar a un diálogo más abierto y horizontal. De esta manera, se encuentra que sus explicaciones tienen, en muchas ocasiones, criterios de igualdad epistemológica en las ilustraciones de la ciencia y de la cultura de los estudiantes.

En las narraciones se percibe la naturaleza como medio económico, religioso, naturalista, de posesión, de vida, además de una jerarquización diferente de las fuentes de conocimiento dadas por sus experiencias inmediatas y mediadas, donde la voz y la validez no dependen del investigador sino, por el contrario, de las experiencias en el mundo natural de los niños y niñas.

El instrumento denominado “*carta al extraterrestre*” facilitó la recolección de múltiples narraciones de los estudiantes, lo cual permitió el extrañamiento de niños y niñas, y la posibilidad de una descripción amplia basada en sus criterios de valor, que admitió el reconocimiento de las ideas que querían exhibir, las lógicas, formas de expresarse y diálogos entre las ideas.

Del mismo modo, se halla una negociación entre diferentes criterios de valor, configurando criterios estéticos y éticos hacia el cuidado del medio ambiente y la diversidad. También respecto a la acción de los seres humanos sobre la naturaleza. Se demuestran criterios conceptuales, en torno a las ciencias biológicas y físicas en sus afirmaciones, y se fraguan formas específicas de caracterizar y jerarquizar la naturaleza.

En este punto cabe resaltar que la pesca, la cacería y la ganadería descritas anteriormente, están intervenidas por las presuposiciones que las comunidades poseen de las plantas y los animales; aunque estos últimos en el mundo occidental, oriental e indígena se adquieren como alimento, se pueden derivar una serie de diferencias inherentes a las relaciones culturales que vinculan a los miembros de la sociedad occidental, oriental e indígena con el mundo animal, con referencia a la domesticación y el consumo, que en el caso de la narración Sikuni, es normado por leyes ancestrales.

Las agrupaciones del mundo animal y vegetal manifiestan una serie de elementos discursivos que dan un significado a las acciones y prácticas que tienen estas comunidades con su medio y a su idea de naturaleza, siendo la verbalización un control explícito sobre las fuerzas de la naturaleza, así como en las conductas empleadas en las prácticas mencionadas en las narrativas.

Se conciben procesos de control social, político, comercial y cultural de la naturaleza, en los cuales hay una apropiación de estos por medio de la clasificación y el nombramiento de los objetos naturales, y el recono-

cimiento de plantas, animales, espíritus, todos ellos como parte de la naturaleza; en muchos casos se encuentran mediados por nuevas dinámicas sociales, rompimientos, imposiciones y negociaciones de sus tradiciones, que se imponen en la clase de ciencias naturales.

Para finalizar deseo reiterar que este proyecto tiene la intención de dar una visión sobre la configuración de las ideas de naturaleza y sus posibles intercambios en la clase de ciencias; el cómo de los intercambios culturales; las negociaciones que se dan en la constitución de las ideas de naturaleza en la clase de ciencias naturales, en una escuela multicultural, desde una perspectiva intercultural de la enseñanza de las ciencias. Al respecto García Canclini (2004) comenta: “El antropólogo llega a la ciudad a pie, el sociólogo en auto y por la autopista principal, el comunicador en avión. Cada uno registra lo que puede, construye una visión distinta y, por lo tanto, parcial. Hay una cuarta perspectiva, la del historiador, que no se adquiere entrando sino saliendo de la ciudad, desde su centro antiguo hacia sus orillas contemporáneas” (p. 16). En este sentido se busca que el investigador en la enseñanza de las ciencias naturales entre a la ciudad por diferentes caminos, muchas veces abonados por otros, a veces en avión, otras en automóvil y en algunas otras a pie; para nuestro caso en particular, la entrada se hace a pie, por un camino que hasta ahora se está construyendo.

En definitiva, en el presente trabajo, además de lo anteriormente citado, se busca encontrar una opción hacia las políticas de reconocimiento nacionales, como de la historia propia de los sujetos, para la comprensión de significados que se dan en la clase de ciencias naturales.

Agradecimientos

Agradezco a los niños y niñas del colegio Silvinio Caro Heredia en el Departamento del Vichada. Igualmente al Rector y al cuerpo docente, en especial a las profesoras Claudia Pineda y Blanca Ballesteros. También quiero agradecer a mi directora, la Doctora Adela Molina.

Bibliografía

- Aikenhead, G. S. y Huntley, B. (1999). Teachers' views on Aboriginal students learning western and Aboriginal science. En: *Canadian Journal for Native Education* (23), 159-175.
- Aikenhead, G. S. y Olugbemiro, J. J. (1999). Cross-cultural Science Education: A cognitive explanation of a cultural phenomenon. En: *Journal of Research in Science Teaching*, 36 (3), 269-287.
- Aikenhead, G. S. (1996). Science education: Border crossing into the subculture of science. En: *Studies in Science Education* (27), 1-52.
- _____ (1997). Toward a first nations cross-cultural science and technology curriculum. En: *Science y Education* (81), 217-238.
- _____ (2001a). Integrating western and aboriginal sciences: cross-cultural science teaching. En: *Research in Science Education*, 31 (3), 337-355.
- _____ (2001b). *Rekindling traditions: cross-cultural science y technology units indigenous knowledge conference*. Project. Disponible en: <http://capes.usask.ca/ccstu>.
- Aldridge, J. M., y Fraser, B. J. (2000). A cross-cultural study of classroom learning environments in Australia and Taiwan. En: *Learning Environments Research* (3), 101-134.
- Bautista, M. J.; Jiménez, R. y Roelens, T. (1994). *El canto de los peces: los seres del agua en la mitología y la vida cotidiana de los indígenas Sikuni del Vichada*. Bogotá: Colciencias.
- Bourdieu, P. (1988). *Cosas dichas*. Buenos Aires: Gedisa.
- _____ (1997). *Razones prácticas: sobre la teoría de la acción*. Barcelona: Editorial Anagrama.
- _____ (2001). *La reproducción: elementos para una teoría del sistema de enseñanza*. Madrid: Editorial Popular.
- _____ (2008). *¿Qué significa hablar? Economía de los intercambios lingüísticos*. Madrid: Ediciones Akal.
- Cabo H, J. M. y Enrique, C. (2004). Hacia un concepto de ciencia intercultural. En: *Enseñanza de las ciencias*, 22 (1), 137-146.
- Candau, V. M. y Nehme, S. (2006). Conversas com... Sobre a didática e a perspectiva multi/intercultural. En: *Educ. Soc., Campinas*, 27 (95), 471-493.

- Cediel, G. (1982). *Los Guahibos del bajo Vichada*. Bogotá: Incora.
- Cobern, B. y Aikenhead, G. S. (1997). Cultural aspects of learning science. En: *Association for Research in Science Teaching*. Disponible en: <http://www.wmich.edu/slcsp/SLCSP121/culturalaspectsoflearningscience.pdf>
- Cobern, W. y Loving, C. (2000). Scientific worldviews: A case study of four high school science teachers. En: *Electronic Journal of Science Education*, 5 (2). Disponible en: <http://wolfweb.unr.edu/homepage/crowther/ejse/cobernetal.html>.
- Cobern, W. (1991). *World view theory and science education research*. Manhattan-Kansas: NARST.
- _____ (1994a). Alternative constructions of science and science education. Presentación plenaria para el segundo encuentro anual de *Southern Africa Association for Mathematics and Science Education Research*, pp.27-30. Durban, South Africa: University of Durban-Westville.
- _____ (1994b). World view, culture and science education. En: *Science Education International*, 5 (4), 5-8.
- _____ (1996a). Constructivism and non-western science education research. En: *International Journal of Science Education*, 4 (3), 287-302.
- _____ (1996b). World view, theory and conceptual change in science education. En: *Science Education International*, 80 (5), 579-610.
- Cobern, W., y Loving, C. (2001). Defining 'science' in a multicultural world: implications for science education. En: *Science y Education* (85), 50-67.
- Coll Delgado, A. C. y Müller, F. (2005). Em busca de metodologias investigativas com as crianças e suas culturas. En: *Cadernos de Pesquisa*, 35 (125), 161-179.
- Costa, V. B. (1995). When science is "another world": Relationships between worlds of family, friends, school and science. En: *Science y Education* (79), 313-333.
- Eagleton, T. (2003). *A idéia de cultura*. Sao Paulo: Editora UNESP.
- El-Hani, Ch. y Sepúlveda, C. (2006). Referenciais teóricos e subsidios metodológicos para la pesquisa sobre as relações entre educação científica e cultura. En: *A pesquisa em ensino de ciencias no brazil e suas metodologías*. Brasil: Editorial Unijui.
- _____ (2005). ¿Los profesores de ciencias pueden evitar el fiscalismo? En: A. N. Molina. *Enfoques culturales en la educación en Ciencias. Caso de la evolución de la vida* (pp. 34-50). Bogotá: Universidad Distrital Francisco José de Caldas.

- El-Hani, Ch. y Vincenzo Bizzo, N. M. (2002). Formas de construtivismo: mudança conceitual e construtivismo contextual. En: *Ensaio: Pesquisa em Educação em Ciências*, 4 (1), 1-25
- Elkana, J. (1983). La ciencia como sistema cultural: una visión antropológica. En: *Boletín de la Sociedad Colombiana de Epistemología*, III, pp. 10-11. Santafé de Bogotá.
- Espitia, M. (2005). Versión del texto naturaleza de las presuposiciones de visión del mundo de profesores de Ciencias en Japón, Nigeria y Filipinas. En: A. N. Molina. *Enfoques culturales en la educación en Ciencias. Caso de la evolución de la vida* (pp. 92-102). Bogotá: Universidad Distrital Francisco José de Caldas.
- ETSA (1996). Los alcances de la noción de "cultura" en la educación intercultural. Exploración de un ejemplo: sociedad y cultura Bora. En: A. T. Malverde; G. Martínez y N. E. Miranda. *Educación e interculturalidad en los Andes y la Amazonia*. Centro de Estudios Regionales Andinos Bartolomé de Las Casas.
- Fernández, M. (2004). Concepciones del día y la noche. Un estudio transcultural. En: *Anuario de Psicología*, 35 (3), 309-330.
- Fleer, M. (1997). A cross-cultural study of rural Australian aboriginal children's understandings of night and day research. En: *Science y Education*, 27 (1), 101-116.
- Foucault, M. (1966). *Las palabras y las cosas*. México: Siglo XXI editores.
- _____ (1985). *Arqueología del saber*. México: Siglo XXI editores.
- _____ (1992). *Microfísica del poder*. Madrid: Ediciones la Piqueta.
- _____ (2002). *Vigilar y castigar: el nacimiento de la prisión*. México: Siglo XXI editores.
- García Canclini, N. (1990). *Culturas híbridas. Estrategias para entrar y salir de la Modernidad*. México: Grijalbo.
- _____ (1995). *Consumidores y ciudadanos: conflictos multiculturales en la globalización*. México: Editorial Grijalbo.
- _____ (2004). *Diferentes, desiguales y desconectados. Mapas de la interculturalidad*. Barcelona: Gedisa.
- _____ (1993). *La producción simbólica: teoría y método en sociología del arte*. México: Siglo XXI Editores.
- _____ (2000). La globalización: ¿productora de culturas híbridas? En: *Actas del III Congreso Latinoamericano de la Asociación Internacional para el*

- Estudio de la Música Popular*. Recuperado en marzo de 2008. Disponible en: <http://www.hitc.puc.cl/historia/iaspmla.html>.
- García, E. (1997). La naturaleza del conocimiento escolar: ¿transición de lo cotidiano a lo científico o de lo simple a lo complejo? En: E. García. *La construcción del conocimiento escolar*. España: Paidós.
- Geelan, D. R. (1997). Epistemological anarchy and the many forms of constructivism. En: *Science y Education*, 6 (1-2), 15-28.
- Geertz, C. (1987). *La interpretación de las culturas*. México:Gedisa.
- _____ (1996). *Los Usos de la Diversidad* . España: Paidós.
- George, J. (2001). Culture and Science Education: A look from the developing world. Artículo original de *ActionBioscience.org*. Recuperado el 31 de mayo de 2007. Disponible en: <http://www.actionbioscience.org/education/george.html>.
- Goulart M. C. (2000). A apropriação da linguagem escrita e o trabalho alfabetizador na escola. En: *Cadernos de Pesquisa* (110), 157-175.
- Habermas, J. (1982). *Conocimiento e Interés*. Madrid: Taurus.
- Herrera de Lizaro, F. (1979). Análisis lingüístico guahibo y comentario sobre cultura. En: *Lingüística y campos afines* (6), 59-86.
- Hodson, D. (1999). Going beyond cultural pluralism: Science education for socio-political action. En: *Science y Education* (83), 775-796.
- Jegede, O. J. y Ogawa, M. (1999). A study of science teachers' views about the connections between modern science and indigenous culture. Documento presentado en el *Annual Meeting of the National Association for Research in Science Teaching*. Boston.
- Jegede, O. J. y Okebukola, P. A. (1991). The effect of instruction on socio-cultural beliefs hindering. En: *Journal of Research in Science Teaching*, 28 (3), 275-285.
- Jegede, O. J. (1995). Collateral learning and the eco-cultural paradigm in science and mathematics education in Africa. En: *Studies in Science Education* (25), 97-137.
- June, G. (1999). World view analysis of knowledge in a rural village: Implications for Science Education. En: *Science Education*, 83 (1), 77-95.
- Kawasaki, K. (1996). The concepts of science in Japanese and Western education. En: *Science y Education* (5), 1-20.

- _____ (1997). An aspect of science education in Japan within the framework based on structural linguistics. En: M. Ogawa (Ed.). *Effects of traditional cosmology on science education* (pp. 48-62). Mito, Japan: Faculty of Education, Ibaraki University.
- Kelly, G. J.; Carlsen, W. S. y Cunningham, C. M. (1993). Science education in sociocultural context: Perspectives from the sociology of science. En: *Science y Education* (77), 207-220.
- Kim-Prieto, C. y Michael, E. (2004). Norms for experiencing emotions in Sub-Saharan Africa. En: *Journal of Happiness Studies* (5), 241-268.
- López L. E. (1996). No más danzas de ratones grises: sobre interculturalidad de democracia y educación. En: A. T. Malverde; G. Martínez y N. E. Miranda. *Educación e interculturalidad en los Andes y la Amazonia*. Centro de Estudios Regionales Andinos Bartolomé de Las Casas.
- Mariño, J. B. (1994). *El canto de los peces: los seres del agua en la mitología y la vida cotidiana de los indígenas Sikuani del Vichada*. Santa Fe de Bogotá: Fondation pour le Progres de l'Homme; Colciencias; Agencia Española de Cooperación Internacional.
- Michinel, J. L. (2007). A socialização do conhecimento científico: um estudo numa perspectiva discursiva. En: *Investigações em Ensino de Ciências*, 12 (3), 369-381.
- Molina, A.; Mojica, L. y López, D. (2006). Ideas de los niños y niñas sobre la naturaleza: estudio comparado. En: *Revista Científica* (7), 41-62.
- Molina, A. y Mojica, L. (2005). Presentación. En: A. Molina; C. Niño; C. Sepúlveda; D. López; L. Mojica y M. Espitia. *Enfoques culturales en la educación en Ciencias. Caso de la evolución de la vida* (pp. 7-8).
- Molina, A. y Mojica, L. (2004). Las teorías de la evolución en los textos escolares: análisis crítico histórico-epistemológico de Philipp Mathy. En: C. Niño; C. Sepúlveda; D. López.; L. Mojica y Espitia, M. *Enfoques culturales en la educación en Ciencias. Caso de la evolución de la vida* (pp. 69-91).
- Molina, A. (2002). Conglomerado de relevancias y formación científica de niños, niñas y jóvenes. En: *Revista Científica* (4), 187-200.
- _____ (2000). *Conhecimento, cultura e escola: Um estudo de suas Inter-relações a partir das idéias dos alunos (8-12 anos) sobre os espinhos dos cactos*. [Tesis doctoral]. Brasil: Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo.
- _____ (2004). Investigaciones acerca de la enseñanza, el aprendizaje y los textos escolares en la evolución de la vida: enfoques culturales. En: C.

- Niño; C. Sepúlveda; D. López; L. Mojica y M. Espitia. *Enfoques culturales en la educación en Ciencias. Caso de la evolución de la vida* (p. 9-33).
- _____ (2007a). *Analogía, pensamiento científico infantil y revalorización de las teologías y el antropomorfismo*. En: *TED*, Número extraordinario, 88-107.
- _____ (2007b). Relaciones entre contexto cultural y explicaciones infantiles acerca del fenómeno de las adaptaciones vegetales. En: *Nodos y Nudos*, 3 (23), 3-19.
- _____ (2008). Contribuciones metodológicas para el estudio de relaciones entre contexto cultural e ideas sobre la naturaleza de niños y niñas. En: *Cuadernos número 4*. Bogotá: Universidad Distrital Francisco José de Caldas [Por publicarse].
- Ogawa, M. (1986). Toward a new rationale os science education in a nonwestern society. En: *European Journal of Science Educaction* (8), 113-119.
- _____ (1989a). An introductory study on raditional views of nature. En: *The context of Pursuing Rationale for Science Education*.
- _____ (1989b). Beyond the tacit framework of "science" and "science education" among science educators. En: *International Journal of Science Education* (11), 247-250.
- _____ (1995). Science education in a multi-science perspective. En: *Science y Education* (79), 583-593.
- _____ (2000). *International joint research on culture, language and gender sensitive science teacher education program* [Documento inédito]. Japón: Hiroshima University.
- Okhee, L. (1999). Equity implications based on the conceptions of science achievement in major reform documents. En: *Review of Educational Research*, 69 (1), 83-115.
- _____ (2003). Equity for linguistically and culturally diverse students. En: *Science Education: A Research Agenda Teachers College Record*. 105 (3), 465-489.
- Ortíz Gómez, F. y Pradilla, H. (1987). *Los indígenas de los Llanos Orientales*. Bogotá: Instituto Colombiano de Antropología.
- Ortíz Gómez, F. y Queixalos, F. (1981). Ornitología Cuiva-Guahibo. En: *Revue Ethnolinguistique Amerindienne*, 125-147.

- Ortíz Gómez, F. y Rueda, H. (1984). *Visión Etnográfica de los Llanos Orientales de Colombia*. Bogotá: Instituto Colombiano de Antropología.
- Ortíz Gómez, F. (1977). Un mito Guahibo: La historia Tsamani. En: *Revista de la dirección de Divulgación Cultural* (15), 71-76. Bogotá: Editorial Universidad Nacional.
- Ortíz Gómez, F. (1988). El simbolismo de la cestería Sikuni. En: *Boletín del Museo del oro* (21), 24-37.
- Ortíz Gómez, F. (1988-1991). El rezo del pescado: Ritual de pubertad femenina entre los Sikuni y Cuiba. En: *Maguaré*, 6 (6-7), 27-67.
- Ortíz, M. M. (1984). *Esbozo histórico de las relaciones entre llaneros y guahibos*. [Tesis Departamento de Antropología]. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia.
- Ortíz, R. (2007). Anotações sobre o universal e a diversidade. En: *Revista Brasileira de Educação*, 12 (34).
- Reynoso, C. (1990). El lado oscuro de la descripción densa. Trabajo presentado en el *Tercer Congreso Argentino de Antropología Social*.
- Ricoeur, P. (1995). *Teoría de la interpretación: discurso y excedente de sentido*. México: Universidad Iberoamericana, Siglo XXI Editores.
- Riggs, E. M. (2004). Components of geoscience education for Native American communities. En: *Science Education*, 89 (2), 296-313.
- Riley, J. P. (2001). International development and science education: International issues and considerations. En: *Journal of International Cooperation in Education*, 4 (1), 53-63.
- Rodrigo, M. J. (1997). Del escenario sociocultural al constructivismo episódico: un viaje al conocimiento escolar de la mano de las teorías implícitas. En: *La construcción del conocimiento escolar*. Barcelona: Paidós.
- Rojas, J. C. y Gómez, L. H. (1994). *La yuca amarga y la cultura Sikuni*. Bogotá: Publicaciones de Etnollano.
- Saussure, F. (2003). *Curso de lingüística general*. México: Fontamara.
- Shu-Chiu, L. (2005). Models of "The Heavens and the Earth": An investigation of German and Taiwanese students' alternative conceptions of the Universe. En: *International Journal of Science and Mathematics Education* (3), 295-325.
- Smith, M. y Siegel, H. (2004). Knowing, believing and understanding: What goals for Science Education? En: *Science y Education* (13), 553-582.

- Snively, G. y John, C. (2001). Discovering indigenous Science: Implications for Science. En: *Education Science Education* (85), 6-34.
- Sood, J. (1998). A cross cultural study of values emphasized of value based management. En: *Education International Journal* (11), 215-223.
- Strauss, L. C. 1994 (1974). *Antropología Estructural*. E. Verón (Trad.). Barcelona: Ediciones Altaya.
- Suárez, M. I. y Chipiaje Cariban, V. (1996). Los indios Sikuaní: su pedagogía tradicional. En: *Ethnia* (77), 9-88.
- Sutherland, D. y Dennick, R. D. (2002). The influence of culture and language on the perception of the nature of science. En: *International Journal of Science Education* (24), 1-25.
- Tasuku, I.; Yoshihisa, K.; Emiko; Tomas, F.; Uichol, K.; Fritz, S. y Lioba, W. (2008). Culture, trust and social networks. In: *Asian Journal of Social Psychology* (11), 88-101.
- Trapanel, L. (1996). Pueblos indígenas, educación y currículo. En: A. T. Malverde; G. Martínez y N. E. Miranda. *Educación e interculturalidad en los Andes y la Amazonia*. Centro de Estudios Regionales Andinos Bartolomé de Las Casas.
- Vargas, E. y Kondo, V. (1974). *Textos guahibos, folklor indígena de Colombia*. Bogotá: Instituto Lingüístico de Verano.
- Voegelin, C. Y. (1965). Languages of the world: Native America fascicle two. part I. En: *Athropological Linguistics*, 7 (7) 1-150.
- Weidman de Kondo, R. (1974). Cosmovisión guahiba. En: *Lingüística y Campos Afines* (1), 54-61.

Dimensión del perfil conceptual en las investigaciones sobre la enseñanza de las ciencias

Rosa I. Pedreros M.¹

Introducción

Desde la década de los años 80 las investigaciones en enseñanza de las ciencias se han centrado en el estudio de lo que ya sabe el estudiante acerca de las ideas, concepciones y representaciones de aquello a ser enseñando, y dependiendo de estas perspectivas, se ha denominado la enseñanza en este contexto como: *cambios estructurales* (Piaget y Inhelder, 1972; Piaget, 1984; Nussbaum, 1989); *cambios en conceptos o nociones individuales* –contenidos– (concepciones y alternativas); *cambio conceptual en áreas o dominios específicos de conocimiento* (Driver y Erikson, 1983; Driver, 1986; Driver, Squires y Wood-Robinson, 1994); *evolución de las concepciones* (Giordan y De Vecchi, 1988) y *cambio en el contenido conceptual* (Teoría de campos conceptuales) (Vergnaud, 1990, 1996, 2007).

Al respecto, los resultados de las prácticas para lograr los cambios, demuestran que a pesar de los esfuerzos realizados aún no se ha alcanzado este objetivo (Duit, 1994, 1999; Duit y Treagus, 1998). Persisten interrogantes como ¿por qué los estudiantes no aprenden lo que se les enseña? y ¿por qué no se logra un aprendizaje significativo?

Moreira y Greca (2003) agrupan las propuestas como: *Acomodación cognitiva*, Piaget (1984) y Nussbaum (1989); *Concepciones alternativas*, Driver (1986); *Dinámica de los sistemas de conocimiento*, Carey (1985); *Visión epistemológica de la evolución conceptual*, Toulmin (1977); *Campo semántico*, Lins (1994b) y, *Modelos mentales*, (Jhoson-Laird, 1983, 1996; Moreira y Greca 2002).

Desde la perspectiva de las teorías implícitas, se procura un *cambio de los conceptos componentes y un cambio en la forma de conceptualizar*; se considera que las ideas de los alumnos están organizadas dentro de teorías implícitas o personales, con características bien diferenciadas de las teorías científicas (Rodrigo, 1985, 1994; Pozo, Rodríguez, y Marrero, 1993; Rodri-

1 Universidad Pedagógica Nacional. Doctorado Interinstitucional, Educación en Ciencias. Universidad Distrital Francisco José de Caldas.

go, Rodríguez y Marrero, 1994; Utges, Jardón, Ferabóli y Fernández, 2000; Utges y Pacca, 1998, 2003). En cuanto a la propuesta de *las representaciones y modelos mentales*, se busca entender las representaciones de los conceptos científicos y los procesos de construcción que realizan las personas (Williams, Holland y Stevens, 1983; Norman, 1983; Johnson-Laird, 1983, 1996; Morrison y Morgan, 1999; Moreira, 1999, 2005; Moreira y Greca, 2002, 2003; Justi, 2006; Justi y Gilbert, 2006). Otros consideran la *redescripción representacional* (Pozo y Gómez, 1998; Pozo, 1989, 2003). En estas perspectivas, se empieza a contemplar la importancia de la diversidad en el aula a partir de las representaciones y teorías personales. Sin embargo, no muestran la relación entre contexto local y global, y no evidencian la presencia de comunidades diferenciadas en el aula, lo cual implica una diversidad epistémica, conceptual y cultural (Ogawa, 1986; Arca, Guidoni y Mazzoli 1990; Mathy, 1992; Cobern, 1993, 1994, 1996; Segura, Molina, Pedreros, Arcos, Velasco, Leuro y Hernández, 1995; Aikenhead, 1996, 2001; Cobern y Loving, 2001; Mortimer, 1998, 2000, 2001; Molina, 2000, 2004, 2005a; El-Hani, 2006).

Ahora bien, propuestas como *Colectivos de pensamiento* (Fleck, 1986a, 1986b), *Visiones de mundo* (Cobern, 1993, 1994, 1996; Cobern y Loving, 2001), *Perfil Conceptual* (PC) (Mortimer, 1998, 2000, 2001) y *Conglomerados de relevancias* (Molina, 2000, 2002; Molina, López y Mójica, 2005), posibilitan el reconocimiento de las comunidades culturalmente diferenciadas y el cuestionamiento respecto a ¿cuál es el origen y condicionamiento histórico-social en la formación de los conceptos, la organización de la mente y las modalidades de pensamiento y formas de hablar en la clase? y ¿cómo se presenta la producción de significados?

En la primera parte de este capítulo, se aborda la dimensión del Perfil Conceptual (PC)² y se presenta el sentido y significado del PC; en la segunda, se exponen investigaciones sobre la enseñanza de las ciencias que hacen uso de la noción y marco referencial de los PC. En la revisión de literatura, se acudió a fuentes como artículos, tesis de maestría y estudios doctorales, así como a documentos de reflexión que circulan en la comunidad de docentes. Al final se presentan unos comentarios a manera de conclusión.

2 La revisión hace parte de la búsqueda de antecedentes de la tesis doctoral que se pregunta sobre *¿cuál es el Perfil Conceptual de equilibrio térmico de los individuos de dos comunidades culturalmente diferenciadas? y ¿cuáles son las implicaciones para una Educación en Ciencias que contemple la diversidad cultural?*, adelantada en el Doctorado interinstitucional en Educación, línea de investigación Enseñanza de las Ciencias y Contexto Cultural, en la Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Bogotá, Colombia.

Para comprender el sentido y significado del Perfil Conceptual (PC) y su pertinencia en las investigaciones de la enseñanza de las ciencias, se expone en este aparte su origen, caracterización, base epistemológica, aspectos metodológicos y el aprendizaje y enseñanza desde el abordaje de PC. Dicha exposición permite visibilizar el marco referencial desde el cual se estructura el PC y su distinción con propuestas como las del cambio conceptual.

En cuanto al origen de los Perfiles Conceptuales (PC), se puede decir que fueron presentados a mediados de 1990 por Mortimer (1975, 1994, 1995), quién los propuso como una manera de modelar la heterogeneidad del pensamiento y el lenguaje en la clase de ciencias. Fueron desarrollados inicialmente como una alternativa al modelo de cambio conceptual de Posner, Strike, Hewson y Gerzog (1982), rechazando la idea de llevar al estudiante a romper con sus concepciones previas como requisito para aprender ciencias.

Esta propuesta se aproxima al constructivismo contextual de Cobern (1996), quién también propone la coexistencia de diferentes modos de pensar y hablar el aprendizaje de las ciencias, entendido como el aprendizaje de un lenguaje, en este caso de la ciencia escolar, el cual se logra en el aula. Este es comprendido por Mortimer y Scott (2000, 2003) desde una perspectiva socio-interaccionista. La noción de PC puede ser usada para la estructuración de las ideas relativas a un determinado concepto y para describir la evolución de las ideas –tanto en el espacio social de la clase como en los individuos– como consecuencia del proceso de enseñanza.

En los PC se contempla que *en cualquier cultura o persona no existe una única forma homogénea de pensar sino diferentes tipos de pensamiento verbal*. Esta heterogeneidad del pensamiento verbal reconoce la *coexistencia en el individuo de dos o más significados para una misma palabra o concepto*, que se emplean correctamente en diferentes contextos. Esta coexistencia es posible también en un concepto científico, en el que la visión clásica y moderna de un mismo fenómeno no es siempre equiparable. En los PC, la evolución conceptual no es entendida como la sustitución de las concepciones previas de los aprendices por ideas científicas, sino como un enriquecimiento del espectro de ideas con el que se dispone para la comprensión de un asunto dado (Mortimer, 1994, 1998, 2000, 2001).

Las ideas que caracterizan los Perfiles Conceptuales (PC) son:

- Deben ser entendidos como *modelos* de diferentes maneras de ver y representar el mundo, que son utilizados por las personas para significar su experiencia.

- Es concebido como una manera de modelar la heterogeneidad de los pensamientos y el lenguaje en la clase de ciencias.
- Se basa en la idea de que las personas exhiben diferentes formas de ver y conceptualizar el mundo, por ende, diferentes modos de pensar que son usados en diversos contextos (Mortimer, 1994, 1995, 2001).
- Deben ser entendidos como modelos de la heterogeneidad del pensamiento verbal (Tulviste, 1991). Modos de pensar que son tratados como elementos que permanecen en el pensamiento conceptual de los individuos, íntimamente relacionados con los significados socialmente construidos que pueden ser atribuidos a los conceptos.
- Se constituye en una herramienta para analizar el discurso estructurado en torno a la relación entre modos de pensar y de hablar (Mortimer, 2001); se pueden abordar en términos de lenguajes sociales y géneros del discurso de Bakhtin (1986). El examen de esta dimensión corresponde a un análisis de los significados socialmente establecidos que son atribuidos a un concepto dado a partir de distintos modos de pensar. Estos modos de pensar y los significados asociados a ellos son compartidos en sentidos diferentes, siendo necesaria una herramienta para analizar esos modos estables de producción de significados que emergen en las interacciones discursivas en la clase.
- Cada PC modela la diversidad de modos de pensar o de significar un concepto determinado. Por ejemplo, calor, materia, vida, adaptación, molécula, evolución, entre otros.
- Está constituido por varias “zonas”; cada una representa un modo particular de pensar o de atribuir significado a un concepto. Cada modo de pensar puede estar relacionado con un modo particular de hablar.
- Los principales aspectos que caracterizan la noción de PC son la pluralidad filosófica relativa a un concepto, la posibilidad de complementariedad entre los diversos puntos de vista sobre un concepto y la heterogeneidad de ideas relativas a un mismo concepto que pueden coexistir en un mismo individuo (Mortimer, Scott y El-Hani, 2009).

En estas características, se distinguen los siguientes aspectos:

- *Distinción entre las características ontológicas y epistemológicas de cada zona del perfil*, dado que al tratar con el mismo concepto, cada zona del perfil podría ser epistemológica y ontológicamente diferente de otras, ya que estas características del concepto pueden cambiar en la medida en que se mueva a través del perfil. Por ejemplo, en relación al perfil del concepto de átomo, en cuanto objeto cuántico no pertenece a la misma categoría ontológica del átomo clásico. Esta distinción entre aspectos epistemológicos y ontológicos es importante una vez que muchos de los problemas de los aprendizajes de conceptos científicos han sido relacionados con la dificultad de si cambian las categorías ontológicas de las cuales los conceptos son designados.

- *Toma de consciencia por el estudiante de su propio perfil*, desempeña un papel importante en el proceso de enseñanza-aprendizaje. Este aspecto ya sería suficiente para explicar ciertos resultados de la literatura que cuestiona la interpretación usual del cambio conceptual como sustitución de las pre-concepciones por conceptos científicos. Por ejemplo, el uso por parte del estudiante, de concepciones previas en problemas cotidianos y/o nuevos podría indicar el hablar de la consciencia de su propio perfil. El alumno tendría adquirido el concepto newtoniano de movimiento, mas no tendría la consciencia de la relación entre éste y su concepto anterior de que el “movimiento requiere fuerza”, no sabiendo por tanto, en qué contexto es más apropiado emplear uno u otro. Sin embargo, en una situación nueva, él usará el concepto pre-newtoniano de que el “movimiento requiere fuerza”, a pesar de ya haber usado el concepto newtoniano como suceso de situaciones familiares, justamente porque él no habría tomado conciencia de que esos dos conceptos pertenecen a un mismo perfil, pero que los dominios en los que se aplica son diferentes. La falta de esa conciencia lo llevaría a generalizar su concepto anterior, que puede ser más familiar, y que sería usado con más seguridad en una situación nueva (Mortimer, 2004).
- *Los niveles “pre-científicos” no son determinados por escuelas filosóficas de pensamiento, pero sí por los compromisos epistemológicos y ontológicos de los individuos*, como las características individuales están fuertemente influenciadas por la cultura, podemos definir el PC como un sistema supra-individual de formas de pensamiento que puede ser atribuido a cualquier individuo dentro de una misma cultura. A pesar de que cada individuo posee un perfil diferente, las categorías por las cuales él es tratado son las mismas para cada concepto. La noción de perfil conceptual es, por tanto, dependiente del contexto, una vez que es fuertemente influenciada por las experiencias distintas de cada individuo; y depende del contenido, ya que para cada concepto en particular, se tiene un perfil diferente.

Las categorías que caracterizan el perfil son independientes del contexto, una vez que dentro de una misma cultura, están las mismas categorías por las cuales son determinadas las diferentes zonas del perfil. En nuestra civilización occidental, las zonas científicas del perfil son claramente definidas por la historia de las ideas científicas. Las zonas pre-científicas también están claras para muchos conceptos como consecuencia de la intensa investigación en concepciones alternativas de los estudiantes realizadas en las últimas décadas, y que identifican los mismos tipos de concepciones relacionadas a un determinado concepto científico en diferentes partes del mundo.

Según Mortimer (1995) el PC es individual, pero las categorías que caracterizan las zonas de cada perfil particular son compartidas por individuos de una misma cultura, especificando así formas de pensar. Eso es coherente

con la visión de Vygotsky (1978, 1987, 2000), en tanto que las funciones mentales superiores –entre ellas el pensamiento conceptual– emergen primero en el plano social, intermedio, para después ser internalizadas por los individuos, constituyendo el plano intramental. La internalización no es una simple copia del plano externo al interno, es más un proceso por el cual el plano intramental es creado, cada vez que se desenvuelve su propio perfil a partir de los significados sociales (Amaral, 2004).

La heterogeneidad de los modos de pensar no se da solo en el contexto del lenguaje cotidiano. Las ciencias también tienen formas heterogéneas de pensar y hablar en la cotidianidad, propiciando múltiples maneras de conceptualizar la experiencia, por ejemplo, el concepto de átomo. En los PC como modelos de la heterogeneidad del pensamiento, se considera que los diferentes significados que pueden ser atribuidos a un concepto coexisten en un individuo, mas cada cual se muestra pragmáticamente más poderoso para tratar con determinados tipos de problemas. La heterogeneidad de pensamiento conceptual no se limita a la ciencia. Innumerables “términos científicos” son también usados en las experiencias cotidianas, sea porque son palabras del lenguaje común de las cuales la ciencia se apropia, como “adaptación”, sea porque son palabras de la ciencia que fueron apropiadas por el lenguaje común, como “gen”. En estos casos, los PC son todavía más ricos y la distinción entre los significados diferentes y los dominios apropiados de su aplicación se torna aún más complicada (Mortimer, Scott y El-Hani, 2009).

Los criterios para evaluar el perfil son:

- Cuanto más central un concepto esté en una estructura conceptual, más poderosas deben ser las consecuencias de construir el perfil.
- Cuanto más un concepto es usado en diferentes áreas de la ciencia, más polisémico debe ser, estando presentes distintas zonas de carácter científico.
- Cuanto más el concepto es usado en el lenguaje cotidiano, más interesante de construir el perfil, porque hay más polisemia, con zonas no científicas, y mayor será la contribución para la enseñanza y aprendizaje.

Referentes teóricos y base epistemológica de los PC

En la propuesta de los PC se contempla que las personas tienen diferentes maneras de ver y de conceptualizar el mundo (Schutz, 1967; Tulviste, 1991; Cobern, 1996), que lidian con “representaciones colectivas” (Durkheim, 1972) y que construyen su pensamiento conceptual. Estas construcciones colectivas son de naturaleza supra-individual (o sea, social) y son impuestas a la cognición individual. De este modo se termina por lidiar con con-

ceptos y significados que se mantienen en una forma bastante similar por una serie de individuos en varias esferas del mundo social (Mortimer, Scott y El-Hani, 2009).

La noción de PC fue inspirada en la idea de Perfil Epistemológico (PE) de Bachelard (2003). En esta perspectiva, el PE tiene la pretensión de constituirse como una herramienta que vislumbra las rupturas históricas que se han sucedido en la conformación de los conceptos científicos, y sobre este psicoanálisis determinar los obstáculos que ha superado el conocimiento hasta la construcción de las teorías recientes. Estos “estados de pensamiento” por los que discurren las diversas conceptualizaciones (realismo ingenuo, racionalismo primero, racionalismo de la mecánica racional, racionalismo completo, racionalismo discursivo), al ser planteados como perfil, proporcionan una descripción de los procesos de consolidación de un proceso particular (Orozco, 1996).

De esta manera el PE se constituye para un concepto y posee un carácter idiosincrático; cada individuo tiene la posibilidad desde un psicoanálisis objetivo de su pensamiento, de establecer la naturaleza y proyección de su propio PE. Bachelard (2003) convoca al pluralismo de la cultura filosófica. Un PE debe ser relativo a un concepto designado, que vale solo para un espíritu particular que se examina a sí mismo en un estadio particular de su cultura. Por ejemplo, el PE de la noción de masa.

Este epistemólogo plantea que a cualquier actitud filosófica general se puede oponer, como objeción, una noción particular, cuyo PE revela un pluralismo filosófico. Una sola filosofía es, pues, insuficiente para dar cuenta de un conocimiento algo preciso. Si se quiere, por consiguiente, plantear exactamente la misma cuestión a propósito de un mismo conocimiento a diferentes espíritus, se verá aumentar extrañamente el pluralismo filosófico de esa noción. Cada filosofía no da más que una banda del espectro nocional y es necesario agrupar todas las filosofías para poseer el espectro completo de un conocimiento particular (Bachelard, 2003).

Mortimer introduce dos distinciones, las cuales permiten construir un modelo que describe los cambios en los pensamientos de los individuos como resultado de los procesos de enseñanza (Mortimer, 1995, 2000, 2001), a saber:

1) No se trataría de ubicar las discusiones en el plano de las escuelas filosóficas, como lo hace Bachelard, sino más bien en el plano de la conceptualización científica. En esta perspectiva Mortimer introduce el concepto de PC como un sistema superindividual de formas de pensamiento que puede tener un individuo en una determinada cultura, y

2) *Considera el PC desde un aspecto dual, en donde cada una de las diferentes zonas que lo conforman está definida por su naturaleza ontológica y epistemológica, permitiendo con esto introducir la idea de que cada concepto científico, independiente de la zona en la que se encuentre, presenta unas definiciones ontológica y epistemológica particulares. De esta manera pueden existir zonas de PC cuyos presupuestos epistemológicos sean compartidos, pero en el plano ontológico sean disímiles.*

La noción de PC comparte características con el PE, como la jerarquía entre diferentes zonas del perfil, siendo cada zona sucesiva, caracterizada por contener categorías de análisis con poder explicativo mayor que las anteriores (Ribeiro y Mortimer, 2006). Otras características son distintas a las del PE: la diferencia entre las zonas a partir de los aspectos ontológicos del concepto y la importancia dada a la toma de consciencia por el estudiante de su propio perfil.

De manera análoga al PE, la noción de PC presupone que un individuo puede presentar diferentes visiones sobre un mismo concepto, considerando que existen varias formas de ver y representar la realidad. Contrario al PE, el PC considera que los diversos puntos de vista sobre la realidad están asociados a contextos específicos que le son apropiados; no se caracteriza o privilegia una forma de pensar sobre otra (Ribeiro y Mortimer, 2004).

Las categorías epistemológicas propuestas por Bachelard, se presentan significativas para la comprensión del desarrollo de las ideas científicas. Sin embargo, la idea de pluralidad filosófica está enfocada en el análisis del progreso del conocimiento científico y sugiere una valorización de racionalidad del conocimiento científico por encima de las otras formas de conocimiento. La noción de PC, no prevé esta jerarquización (Putnam, 1995, XXX).

Nuevas ideas pueden ser constituidas en forma diferente de aquellas existentes, y estas últimas pueden no representar necesariamente obstáculos a la construcción de las primeras. Cada uno de los puntos de vista sobre un determinado concepto puede reflejar una dimensión epistemológica diferente, como en el PE. Los diferentes aspectos filosóficos implicados pueden ser comprendidos en una perspectiva complementaria. La imposición de tales construcciones colectivas a la cognición individual ocurre en el hecho de que ésta se desarrolla mediante la internalización de herramientas culturales que son tomadas de las interacciones sociales (Ribeiro y Mortimer, 2004).

Epistemológicamente la noción de PC está comprometida con la posición filosófica del pragmatismo objetivo, se diferencia del relativismo y del

pragmatismo subjetivo jamesiano (James, 1907). Hay un número limitado de ideas y modos de pensar que pueden ser bien sucedidos para lidiar con cualquier problema. Los PC se apoyan en la idea de un valor pragmático de distintas formas de conocimiento para tal fin.

El abordaje de los PC se aleja del subjetivismo, enfatiza en el papel de la apreciación racional de los modos de pensar y actuar, como se muestra de manifiesto en la propuesta de toma de consciencia sobre la demarcación de modos de pensar y sus dominios de aplicación como un objetivo del aprendizaje. Es posible, de este modo, la construcción de una dimensión crítica, a la cual se puede permitir que se vaya alejando de juicios subjetivos sobre lo que es útil para los propósitos de una persona o grupo (Mortimer, Scott y El-Hani, 2009).

En la propuesta de PC se tienen en cuenta otras teorías, como la del lenguaje de Bakhtin (1986), como referencia para el análisis de los modos de hablar; la teoría de las funciones mentales de Vygotsky (1978, 1987, 2000) como base para el análisis del aprendizaje y, la estructura desarrollada por Mortimer y Scott (2000, 2003).

Aspectos metodológicos en el PC

Para construir un PC es necesario considerar una gran diversidad de significados atribuidos a un concepto y a una variedad de contextos, considerados por Vygotsky en sus estudios sobre las relaciones entre pensamiento, lenguaje y formación de conceptos, a saber: *los dominios socio-culturales, ontogenético y microgenético* (Wertsch, 1985). Se buscan en los datos relativos a la producción de significados en estos dominios genéticos, los compromisos ontológicos y epistemológicos que estabilizan modos de pensar y hablar sobre los conceptos y, así mismo, individualizar las zonas para la construcción de un perfil.

En la construcción de las zonas del PC, está la categorización del discurso escrito u oral. Los compromisos ontológicos y epistemológicos que estructuran diferentes modos de pensar y hablar sobre un concepto, son dados explícitamente en declaraciones o proposiciones. Cada individuo tiene un PC propio, que se diferencia de los perfiles de otros sujetos por el peso dado a cada zona y no por las zonas propiamente dichas (Mortimer, Scott y El-Hani, 2009).

Las diferencias entre perfiles resulta de la diversidad y de la experiencia social de los individuos, en la medida en que estas pueden ofrecer más o

menos oportunidades para emplear distintos modos de pensar en los contextos en que son pragmáticamente poderosas.

Para buscar los compromisos, se deben considerar datos o información de diversas fuentes de una manera dialógica, y al mismo tiempo, en interacción unos con los otros. Las fuentes pueden ser:

1) *Fuentes secundarias sobre la historia de la ciencia y análisis epistemológicos sobre el concepto en estudio.* Son particularmente instrumentales en la comprensión de la producción de significados en el dominio socio-cultural y en el establecimiento de compromisos ontológicos y epistemológicos que orientan los procesos de significación de un concepto.

2) *Trabajos sobre concepciones alternativas de estudiantes,* que son útiles para comprender la significación de los conceptos en el dominio ontogenético, y

3) *Datos recogidos* a través de entrevistas, cuestionarios y filmaciones de interacciones discursivas en una variedad de contextos de producción de significados, particularmente en situaciones educacionales, que dan acceso a los dominios ontogenético y microgenético.

En relación con el aprendizaje y enseñanza desde el abordaje del PC, se contempla que en cualquier aula de clase hay una inevitable heterogeneidad de modos de pensar y hablar, que precisan ser modelados si se tuviese la intención de producir alguna teoría sobre la enseñanza y el aprendizaje. Las aulas son lugares sociales complejos, en los cuales un profesor busca mejorar la integración entre los estudiantes, así como la intuición de desarrollar un punto de vista particular, en el caso de la enseñanza de las ciencias, la historia científica (Mortimer y Scott, 2003), con el objetivo de promover en los estudiantes una comprensión de los conceptos científicos (El-Hani y Mortimer, 2007).

El aprendizaje es entendido en dos procesos interrelacionados:

1) *El enriquecimiento de los perfiles conceptuales, y*

2) *La toma de consciencia de la multiplicidad de modos de pensar que constituyen un perfil y los contextos en los cuales éstos y los significados que se les asignan pueden ser aplicados de modo apropiado, es decir, pragmáticamente poderosos.*

En la enseñanza de las ciencias, el primer proceso envuelve la comprensión de modos científicos de pensar a los cuales los estudiantes generalmente no tienen acceso por otros medios. El segundo proceso surge de una

necesidad impuesta por una idea central en el abordaje de los perfiles, a saber, de una coexistencia de modos de pensar y significar de la cognición humana. Frente a tal existencia, se torna un objetivo crucial de la enseñanza y aprendizaje, la promoción de una visión clara entre los estudiantes, de la demarcación entre modos de pensar y significados, así como entre sus contextos de aplicación (El-Hani y Mortimer, 2007).

En el proceso de enseñanza-aprendizaje, los conceptos científicos y las concepciones alternativas o informales de los alumnos, pueden representar un sistema de convicciones o una visión de mundo, que no son necesariamente compatibles con la visión científica. La contraposición entre la visión científica y las concepciones informales de los alumnos sobre un mismo concepto puede generar conflictos, pero eso no necesariamente se constituye en argumentación suficiente para asegurar que las ideas informales sean subsumidas por las científicas (Mortimer, 1995, 2000; Putnam, 1995).

En el contexto escolar las actividades son diversas, y se pueden presentar vinculadas a diferentes esferas de la actividad humana. En la clase, las ideas informales de los estudiantes y las tentativas de contextualización de los conceptos enseñados pueden suscitar discusiones sobre situaciones que retratan diferentes contextos o esquemas conceptuales distintos. En este tipo de discusiones pueden surgir una diversidad de concepciones o diferentes formas de pensar, que representan la heterogeneidad del pensamiento de los alumnos y de el profesor, y esa manifestación se concretiza en los múltiples modos de hablar sobre un mismo concepto. De acuerdo con Putnam (1995), la explicación para los hechos envuelve cuestiones de valor. Así mismo, cuando las discusiones científicas ultrapasan fronteras y van hasta el nivel fundamental, envuelven cuestiones de la filosofía, de la ciencia y de la cultura.

En los PC se prevé que, a lo largo de su proceso de aprendizaje, el estudiante va constituyendo un perfil del concepto, acciones relativas al mismo. Cada concepto está relacionado con un sistema de convicciones específico que puede ser apropiado para determinado contexto y está representado por una zona del perfil. Diferentes concepciones aparecen relacionadas a diferentes interpretaciones del mundo (Putnam, 1995), así cada una de las zonas en el perfil puede estar relacionada con una forma de pensar y ver el mundo que se aplica a un cierto dominio (Mortimer, 2001).

De esta forma el aprendizaje es visto como una construcción de nuevas zonas en un perfil conceptual, que no necesariamente implican un abandono de concepciones pertenecientes a otras zonas, más la consciencia de las relaciones entre esas diferentes zonas conceptuales y la identificación

de contextos en que una u otra zona puede ser aplicada. Trabajar con la noción de perfil conceptual también ayuda a percibir cómo ciertas características de una zona pueden representar obstáculos epistemológicos y ontológicos para construir zonas más avanzadas.

Investigaciones en la enseñanza de las ciencias

En este aparte del capítulo, se presentan investigaciones que han tenido a la base de sus desarrollos la noción de PC. En la revisión se tuvieron en cuenta artículos, documentos, tesis de maestría y estudios doctorales. En las investigaciones se realiza el PC de un concepto, se incursiona en el aula, se plantean reflexiones sobre la práctica de la enseñanza de las ciencias y se destaca el proceder metodológico realizado en su desarrollo. Para su exposición se organizan en dos grupos: investigaciones que caracterizan las zonas del PC e investigaciones que tienen en cuenta en sus planteamientos y reflexiones la base epistemológica de los PC.

Investigaciones que caracterizan las zonas del PC

La investigación “Evolución del atomismo en la sala de aula: cambio de perfiles conceptuales” de Mortimer (1994), tuvo como objetivo detectar y describir la evolución de las explicaciones atomistas para los estados físicos de la materia, entre estudiantes de octava serie de primer grado (14-15 años). Se analizaron pre y post-test y secuencias de episodios de enseñanza que fueron transcritos en vídeo. El investigador se interesó particularmente en describir la génesis de la noción de un modelo para explicar los estados físicos y las transformaciones de los materiales, en particular los cambios de estado y disoluciones.

La hipótesis inicial fue si sería posible describir la evolución de las ideas atomísticas de los estudiantes como resultado de un proceso de equilibración mejor (Piaget, 1975) y como cambio conceptual, entendida como “el proceso en el cual los conceptos centrales y organizadores de una persona se modifican de un conjunto de conceptos a otro, incompatible con el primero (Posner, Strike, Hewson y Gertzog, 1982, p. 211). Se pensaba que una visión continua de la materia era incompatible con la visión atomista y que la construcción de esta última presentaba la superación de la primera en el proceso de equilibración. La metodología de investigación fue adelantada a partir del desarrollo cognitivo individual, la historia y filosofía de la ciencia y el desarrollo social de las ideas en la clase.

Se analizaron los obstáculos surgidos en las situaciones de enseñanza, a partir de cada zona del perfil que fue establecido. Para la concepción atomista de la materia fueron definidas tres zonas del perfil:

- Realista: se caracteriza por la ausencia de cualquier noción de discontinuidad de la materia, o sea, la negación del atomismo, siendo el principal obstáculo la negación de la existencia del vacío. Algunas de las ideas de los estudiantes fueron analizadas por la representación de la materia, hecho sin cualquier mención a las partículas constituyentes.
- Atomismo substancialista: fue caracterizada por el uso de partículas en las representaciones de los estudiantes, en tanto no eran consideradas como granos de la materia, con sus propiedades inherentes: dilatación, contracción, cambio de estado, etc. El principal obstáculo identificado fue la analogía entre los niveles macroscópicos y atómico-moleculares. Los estudiantes representan las partículas, más no las comprenden, la idea de vacío entre ellas no fue explicada.
- Noción clásica del átomo: presenta el átomo como una unidad básica de la materia, conservado durante las transformaciones químicas, cuyo comportamiento es gobernado por la mecánica y de cuya combinación resultan las moléculas. Las dificultades en esta zona del perfil estaban relacionadas con el hecho de que algunos estudiantes presentaran ausencia en la presentación de raciocinio sobre la conservación de la masa.

Con relación a los estados físicos de la materia, fueron establecidas las siguientes zonas:

- Realista: fue caracterizada por las relaciones hechas con la apariencia externa a aspectos sensoriales de la materia. Los sólidos son duros y densos, los líquidos son fluidos y se derraman y los gases son invisibles, no es posible tocarlos o sentirlos.
- Empírica: fue relacionada con las propiedades que permiten definir sólidos, líquidos y gases de una manera más precisa: forma y volumen. Los sólidos poseen forma y volumen constante, los líquidos poseen volumen constante y forma variable, y los gases poseen forma y volumen variables.
- Racionalista: fue construida por la generalización hecha a partir de un modelo explicativo: sólidos, líquidos y gases son constituidos de partículas y se diferencian por factores internos, intrínsecos. El principal obstáculo para la construcción de esta zona estaba relacionado con la transición entre aspectos externos e internos.

Finalmente, se exponen las implicaciones teóricas para la equilibración y mediación, cambio conceptual y evolución de los perfiles. En ellos se da cuenta de la construcción de los conocimientos intuitivos y contra-intuitivos (el papel de la equilibración, de la negociación y de los obstáculos); la génesis del atomismo; los obstáculos, el conocimiento intuitivo y la relación entre ciencia y sentido común; el PC y el modelo de cambio conceptual, y algunas cuestiones para futuras investigaciones e implicaciones en la enseñanza de la química y de la ciencia (planeación y evaluación, constructivismo y enculturación).

En la investigación “Más allá de las fronteras de la química: relaciones entre filosofía, psicología y enseñanza de la química” de Mortimer (1997), se propone un perfil para el concepto de molécula y se hacen nuevas consideraciones sobre la noción de Perfil Conceptual (PC). Esta noción fue presentada como una contribución para conectar fronteras de la química, y el pensar en la evolución de los conceptos, una forma de colocar lado a lado conceptos cotidianos, conceptos químicos clásicos y modernos. Mortimer, considera que la enseñanza lidia con fronteras de la química relacionadas con las ciencias humanas, como la psicología, la filosofía, la historia, la sociología y otras formas de conocimiento que no son consideradas científicas.

Se propusieron tres zonas para el perfil de molécula: *Molécula en términos de los “principios” o elementos* (tiene en cuenta que en el contexto histórico puede ser identificada fuera de la cultura científica o en medicinas alternativas como la homeopatía); *sustancialismo* (se tiene en cuenta cuando son atribuidas a las moléculas individuales, propiedades como la dilatación o fusibilidad) y *arreglos geométricos de los átomos* (se considera la concepción de molécula como una menor unidad en la cual la sustancia puede ser dividida sin que haya cambio de su naturaleza química).

Se presenta también la posibilidad de ampliación del número de las zonas del perfil, a partir de las ideas presentes en la química contemporánea que rompen con las características esenciales de la estructura molecular clásica, que es su geometría fija. En este trabajo, Mortimer resalta la importancia del contexto en la comprensión de una idea central de la química, cuestionando la universalidad e independencia impuestas a esta y otras ideas científicas.

Amaral y Mortimer (2001) adelantan la investigación “Una propuesta de PC para la noción de calor”, a partir de los datos de algunas de las investigaciones ya hechas acerca de este tema (Erickson, 1985; Silva, 1995; Barbosa y Barros, 1997; Mortimer y Amaral, 1998). Para el análisis de las ideas fueron usados los trabajos de Bachelard (1996), que se refieren a la noción de obstáculo epistemológico y al desarrollo del conocimiento; es utilizada para identificar compromisos filosóficos implícitos en el desarrollo histórico del concepto y en las concepciones de los estudiantes. El trabajo de Chi (1992), en donde son presentadas algunas de las dificultades de aprendizaje de los conceptos en ciencias a partir de una categorización ontológica básica del conocimiento, es utilizado para identificar los obstáculos ontológicos en el desarrollo del concepto. Al final del análisis fue hecha una estructuración de las ideas considerando la noción de PC de Mortimer (1995), con la determinación de cinco zonas para el PC de calor: realista, animista, substancialista, empírica y racionalista.

Se tiene en cuenta en la investigación que la noción de PC (Mortimer, 1995) establece que un único concepto puede estar disperso entre varios tipos de pensamiento filosófico y presentar a su vez características ontológicas diversas, de forma que cualquier persona puede poseer más de una forma de comprender la realidad, que puede ser usada en contextos apropiados. La elaboración del perfil prevé la estructuración de las ideas en diversas zonas que representan diferentes compromisos epistemológicos y características ontológicas distintas. Cada zona corresponde a una forma de pensar y hablar de la realidad, que convive con otras formas diferentes en un mismo individuo. El PC puede constituirse en un instrumento para planear y analizar la enseñanza de las ciencias. A partir de los obstáculos y aprendizaje de los conceptos pueden ser identificados y trabajados en la clase con una visión de aprendizaje de las ciencias como cambio de perfiles conceptuales, donde el estudiante no necesariamente tiene que abandonar sus concepciones o aprender nuevas ideas científicas, mas sí tornarse consciente de esas diversas zonas y de la relación entre ellas.

Los investigadores, al revisar el desarrollo histórico y la pesquisa de las ideas presentadas por los alumnos en la clase, encuentran que es posible realizar una categorización y análisis de las principales ideas con relación al concepto de calor. Las categorías establecidas pueden representar zonas que están vinculadas a compromisos epistemológicos y ontológicos distintos y apuntan a posibles obstáculos en el desarrollo del concepto científico.

Amaral y Mortimer consideran que los resultados de la investigación en concepciones alternativas de los niños y adolescentes son una fuente importante para la determinación de las zonas pre-científicas, dado que en el contexto de la educación científica, a pesar de que cada individuo tiene un perfil diferente, las categorías por las cuales ello es mezclado dentro de una misma cultura, son las mismas para cada concepto.

A partir del análisis hecho para las ideas de calor, se pudo proponer un PC de calor constituido por cinco zonas, a saber:

- Realista: la idea calor vinculada estrictamente a las sensaciones, sin que sea acostumbrada una reflexión sobre su naturaleza. En este sentido, puede existir una tendencia a hacer elaboraciones superficiales que no ultrapasan las sensaciones. Se encuentran en esta zona las ideas de sentido común relativas al calor y a la temperatura.
- Animista: representa la idea de calor como sustancia viva o capaz de construir la vida, imbuida de una fuerza motora inherente, pudiendo aún ser asociada a la idea de que los objetos o materiales poseen voluntad de dar o recibir calor.

- Substantialista: el calor es considerado como una sustancia que puede penetrar otros materiales, siendo esa una idea que va a estar presente hasta mediados del siglo XIX entre los científicos, y puede ser frecuentemente observada en contextos didácticos y que su uso no sea consciente.
- Empírica: está relacionada con el uso del termómetro, que proporciona condiciones para la realización de experimentos en donde el calor puede ser medido. Los experimentos muestran divergencias entre el calor y las sensaciones, permitiendo la elaboración del concepto de calor específico y que se haga la diferenciación entre el calor y la temperatura.
- Racionalista: el concepto de calor es pensado como una relación entre la diferencia de temperatura y el calor específico, se constituye en un “cuerpo de nociones y ya no apenas como un elemento primitivo de una experiencia inmediata” (Bachelard, 1978). Esta zona del PC puede ser desbordada en otras zonas para diferentes niveles del racionalismo, lo que constituye una propuesta para la continuidad de este trabajo.

Los investigadores plantean que en situaciones de enseñanza, lo que se puede observar es que un mismo estudiante presenta más de una forma de pensar sobre el calor, dependiendo de la situación o contexto a que ello se refiera. El estudio de las ideas de los alumnos en la clase puede ser hecho a partir de la identificación del contexto de producción de las ideas, teniendo en cuenta las diferentes maneras de hablar vinculadas a diferentes contextos y zonas del perfil.

Solsona, Izquierdo y Jhon (2003, 2004), en su investigación “Explorando el desarrollo de perfiles conceptuales de los estudiantes acerca del equilibrio químico”, hicieron el uso del término PC como sinónimo para la teoría escolar, explorando el desarrollo de perfiles conceptuales de los estudiantes acerca del equilibrio químico. Las investigadoras consideran que los PC están implicados en el proceso de aprendizaje, en el cual los estudiantes construyen un cuerpo de conocimientos e interpretaciones sobre el concepto estudiado, en el caso, de los fenómenos químicos. Las preguntas de investigación fueron: ¿qué PC sobre el concepto de las reacciones químicas pueden ser identificados entre los estudiantes de enseñanza media?, ¿cómo puede ser caracterizado el desarrollo de tales perfiles durante los años consecutivos de la escuela secundaria?

Analizan cómo los estudiantes aprenden a interpretar el fenómeno de cambio químico desde el punto de vista de las relaciones entre el mundo macro y microscópico, sobre la idea de la desaparición de sustancias y formación de nuevas, y su explicación en términos de ciertas entidades inalterables que son los átomos. Realizan una actividad que consiste en elaborar dos ensayos acerca del equilibrio químico.

Distinguen los PC: *interactivo* (cambio de sustancias), *mecano* (explicación microscópica del cambio, no se tiene en cuenta la fuente fenomenológica), *cocina* (centrado en el fenómeno, cambio a nivel macroscópico –cambio físico: propiedades–) e *incoherente* (el cambio no llega a ser explicado). Distinguen que el trabajo se enriquece haciendo la fenomenología de lo estudiado, que responde a aspectos perceptibles y que lo enseñado son los modelos de la ciencia, lo expuesto en el texto o lo presentado por el profesor en clase.

Para las investigadoras los cuatro tipos de perfiles conceptuales permiten expresar en qué extensión los alumnos construirían el concepto de reacciones químicas en sus ensayos, considerando las indicaciones de fenómenos químicos y acompañándolos de sus explicaciones.

Amaral (2004, 2006), en su investigación “Perfil conceptual para la segunda ley de la termodinámica aplicada a las transformaciones físicas y químicas, y dinámica discursiva en una sala de aula de química de enseñanza media”, tiene como objetivos proponer un PC relacionado con la comprensión de la segunda ley de la termodinámica aplicada a las transformaciones físico-químicas, tomando los conceptos de entropía y espontaneidad, y utilizar ese perfil para analizar las relaciones entre aspectos epistemológicos y discursos en el proceso de enseñanza-aprendizaje de esos conceptos en la clase.

Para la constitución del perfil (Mortimer, 1995, 2000), fueron consideradas ideas de la historia de la ciencia y la literatura en educación en ciencias, en una clase de 2º año de la enseñanza media de Coltec/UFGM. En la clase los aspectos epistemológicos fueron estudiados a partir de las zonas del PC y los aspectos discursivos fueron observados a partir de una estructura analítica propuesta por Mortimer y Scott (2002, 2003) para el estudio del discurso en la clase.

En síntesis, la investigación está estructurada en la constitución del PC, el análisis del discurso producido en la clase sobre entropía y espontaneidad y el de las relaciones entre los aspectos epistemológicos y discursivos en el proceso de enseñanza-aprendizaje de esos conceptos. La noción de PC es utilizada principalmente para comprender cómo las ideas de los estudiantes evolucionan como consecuencia de un proceso de enseñanza-aprendizaje, a partir del análisis de los discursos que circulan en la clase. La investigadora no tuvo la preocupación de determinar el PC de cada alumno, pero sí comprender la dinámica de elaboración de nuevas zonas en la clase, y cómo los discursos del libro didáctico, del profesor y de los alumnos con-

tribuyen para esa elaboración y para el establecimiento de relaciones entre las diferentes zonas.

1. A partir de los niveles de comprensión fueron propuestas las siguientes zonas:

- Perceptiva/intuitiva: está relacionada con los niveles de percepción inmediata y sensible de los fenómenos y corresponde a las ideas de espontaneidad que justifican apenas la ocurrencia natural de los mismos, no siendo consideradas las condiciones en los procesos que ocurren.
- Empírica: está relacionada con la proximidad a los fenómenos hecha por medio de la investigación, siendo la experiencia traducida en términos de constructos de la ciencia, en la cual son enfatizadas condiciones físicas experimentales.
- Formalista y racionalista: están relacionadas con un plano teórico de comprensión, en el cual la zona formalista está asociada al uso de algoritmos y fórmulas matemáticas para el análisis de los procesos, sin que eso se traduzca en el entendimiento de las relaciones conceptuales. En cuanto a la zona racionalista, comprende ideas sobre la espontaneidad de los procesos que llevan en consideración modelos científicos teóricos, tales como la distribución de energía en un nivel atómico-molecular.

2. La investigadora distingue que la estructuración de las ideas sobre entropía y espontaneidad a partir de las zonas del PC permite una visualización más amplia y profunda de esos conceptos y posibilita un análisis más detallado y sistemático de las discusiones en la clase.

Viau, Zamorano, Gibbs y Moro (2006) realizan la investigación “Ciencia y pseudociencia en el aula: el caso del ‘Bosque energético’”. Indagan por las concepciones espontáneas dentro de los modelos conceptuales del PC de los estudiantes. Los autores consideran que la elaboración del conocimiento científico no es espontánea, que la enseñanza depende del cuadro epistémico implícito que guía las actividades cognitivas de los estudiantes; que se deben tener en cuenta las convicciones epistemológicas y ontológicas de los estudiantes en el aula y que el trabajo en torno a los PC, promueven la evolución de sus preconcepciones hacia modelos teóricos de la ciencia, lo cual se logra mediante la reflexión metacognitiva. En la investigación miran la validez de algunos fenómenos que violarían las leyes físicas en el Bosque energético de la ciudad de Miramar, Buenos Aires, y realizan estudios sobre diferentes situaciones y experimentos sobre el equilibrio en el aula. Distinguen en el PC las zonas percepto-intuitiva, empírica, formal y racionalista.

En la investigación se plantea que en dominios científicos hay diferencias ontológicas y epistemológicas; que en el PC, un único concepto puede estar disperso entre varios tipos de pensamiento y presentan características ontológicas diversas, de modo que todo alumno puede poseer más de un modelo conceptual que podría ser utilizado en contextos apropiados; que el conocimiento cotidiano está condicionado por una epistemología espontánea de relaciones causales simples, está dirigido por la percepción y es ampliamente compartido, y que en los modos de hablar de los estudiantes se presenta un realismo crítico (empirismo inductivo) y un realismo constructivo (relativismo).

Sepúlveda (2009), en su investigación “Construcción de perfil conceptual de adaptación y análisis de la dinámica discursiva en contextos de enseñanza de la evolución”, dirigida por el Dr. El-Hani, trata el concepto de adaptación entre los diversos conceptos de biología evolutiva, porque se presta particularmente bien para la construcción de un perfil conceptual aplicable al contexto de enseñanza de la evolución. Se concibe que la adaptación es un concepto central en las explicaciones darwinistas y que guardan una gran polisemia, tanto en el dominio específico de la biología, como en otros dominios de la cultura y del lenguaje.

Ante esas observaciones, a los investigadores les parece promisoría la construcción de un PC como herramienta teórico-metodológica para la organización de investigaciones acerca de la enseñanza y aprendizaje de la evolución vistas desde una perspectiva sociocultural. Las preguntas de la investigación son: ¿cuál es la propuesta de PC de adaptación más adecuada para el análisis de los procesos de significación en situaciones de enseñanza de la evolución, en la clase de enseñanza media y superior de biología?, ¿cuál es la contribución que un PC de adaptación puede traer para el análisis de interacciones discursivas en estos dos contextos de enseñanza de la evolución?, ¿cómo se configura la elaboración conceptual de los estudiantes en la enseñanza de la evolución a la luz del PC de adaptación que construimos?, ¿cómo este proceso de elaboración conceptual por los estudiantes se relaciona con una dinámica discursiva instaurada en el espacio social de la clase?

Para responder a estas preguntas, se estructuran unas etapas, a saber: construcción de una propuesta de PC de adaptación, aplicación de ésta al análisis discursivo de episodios de enseñanza de la evolución en contextos de enseñanza media y superior de biología, y perfeccionamiento del modelo inicialmente propuesto a partir de la caracterización de “modos de hablar” sobre adaptación, géneros del discurso empleados por los estudiantes

y profesores en la negociación de significados en torno a las explicaciones para los cambios evolutivos.

Presentan la caracterización epistemológica de las cuatro zonas que componen la propuesta del perfil, a saber:

- **Mecanicismo intra-orgánico:** hacen parte de esta zona interpretaciones de las líneas adaptativas que no se conciben como un fenómeno que demanda explicaciones evolutivas, estos es, explicaciones que evocan causas últimas y no apenas causas próximas (Mayr, 1988). En estas interpretaciones se hace referencia a la existencia de trazos adaptativos y explicaciones hablando exclusivamente a causas próximas, particularmente a procesos fisiológicos o biomecánicos, todos como suficientes para explicar la organización de la estructura orgánica. Y dado el énfasis en la descripción de atributos funcionales de los trazos adaptativos, no se refiere a la selección natural sino a lo que dicen respecto al papel que ejerce una manutención del sistema orgánico.
- **Ajuste providencial:** esta zona del perfil está constituida por interpretaciones en las que la adaptación es concebida, en términos ontológicos, como un estado del ser o como propiedades de los organismos o de sus estructuras morfológicas, los cuales se encuentran ajustados a sus condiciones de vida. En términos causales, este ajuste es explicado apoyándose en el principio de economía natural y en una perspectiva teológica de ordenación de la forma orgánica. La adaptación es explicada como un fenómeno resultante de la armonía necesaria entre estructura organizacional del organismo y de las condiciones ambientales.
- **Perspectiva transformacional:** la principal diferencia entre esta zona del perfil y la zona anterior es la introducción de una perspectiva de explicar la diversidad de las formas orgánicas. La adaptación no es interpretada como un estado del ser, sino como resultado de un proceso de transformación de la esencia de la especie en dirección a un estado óptimo de ajuste a las condiciones ambientales. Este proceso se da a través de cambios simultáneos que ocurren con cada uno y con todos los miembros individuales de la especie (Lewontin, 1985; Caponi, 2005). O sea, los cambios evolutivos (filogenéticos) son tenidos como resultado de un cúmulo de cambios ontogenéticos.
- **Perspectiva variacional:** esta zona está constituida por interpretaciones que conciben la adaptación como resultado de un proceso de propagación selectiva y fijación de variantes en una población y en determinado régimen selectivo.

Investiga además, la caracterización de rutas, dado que considera que ellas participan de la génesis del concepto de adaptación en el contexto de producción de conocimiento de la enseñanza de la biología. Las rutas son

abordaje adaptacionista de la forma orgánica y abordaje pluralista de la evolución de la forma orgánica.

A manera de comentarios finales se plantea que el PC tiene la intención de representar una posible ruta genética del desenvolvimiento de diferentes significados del concepto. Los compromisos epistemológicos y ontológicos deben ser vistos a partir de una perspectiva dinámica, de acuerdo con lo cual, los compromisos de una zona ponen tanto límites como posibilidades para la significación de otras perspectivas.

A los investigadores les interesa analizar tanto las dificultades que sus compromisos epistemológicos y ontológicos imponen para la significación de la perspectiva darwinista de interpretar la adaptación, como las semillas con que disponen para generar cambios en los procesos de significación, las cuales puedan favorecer la emergencia de esta perspectiva. De este modo consideran la comprensión del abordaje variacional darwinista en el campo adaptativo como uno de los objetivos de la enseñanza de la evolución, una vez que esta perspectiva es aceptada corrientemente por la comunidad científica al respecto de la legitimidad de otras zonas y en otros contextos sociales.

Investigaciones que utilizan la base epistemológica de los PC

“Modelos explicativos que estructuran las ideas de los estudiantes en física: aportes, resultados e interpretaciones para el aprendizaje del empuje”, es una investigación adelantada por Alurralde y Salinas, (Recurso electrónico, Octubre de 2009) de la Facultad de Ciencias Exactas, Unsa y Facultad de Ciencias Exactas y Tecnología, UNT. Las investigadoras plantean que, desde el campo de la investigación educativa en ciencias y desde la psicología cognitiva, se han hecho distintos aportes para ‘modelar’ los razonamientos de los estudiantes y el rol de las concepciones en dichos razonamientos, y que desde diferentes perspectivas teóricas surge la idea del ‘modelo’ como construcción personal del sujeto. Algunos autores como Mortimer (1995), quien se apoya en el modelo del Perfil Epistemológico (PE) de Bachelard (1996), propone la noción de PC en la búsqueda de un modelo que explique los cambios en el pensamiento individual como resultado del aprendizaje. Mortimer considera que cada zona sucesiva del PC se caracteriza por tener categorías con mayor poder explicativo que su antecedente, pero presenta dos elementos que la diferencian del PE: la distinción entre rasgos epistemológicos y rasgos ontológicos propios de cada concepto, y el hecho de que los niveles no científicos no están restringidos a escuelas filosóficas, sino a compromisos epistemológicos y ontológicos del individuo.

En la investigación se propuso como metodología una “indagación exploratoria en espiral” previa a otra etapa de “control de hipótesis”. Durante la primera, las respuestas de los estudiantes a preguntas sobre temas vinculados al empuje fueron ordenadas, definiendo y codificando “categorías de respuestas” basadas en alguna característica considerada relevante por los estudiantes. Por ejemplo, “El empuje depende de la cantidad de líquido en el recipiente” fue codificada como categoría C5. *A posteriori*, se llevó a cabo el análisis de la forma en que cada estudiante usaba las diferentes categorías, detectándose “agrupamientos de categorías” (configuraciones características). Por ejemplo, ciertos estudiantes solo utilizaban las categorías codificadas con A1: “El empuje depende del volumen de líquido desalojado” y C3: “El empuje depende de la densidad del líquido”. Estos agrupamientos se consideraban posibles indicadores de “modelos explicativos” coherentes con las explicaciones de los estudiantes.

En la etapa de control de hipótesis, se puso a prueba el uso por parte de los estudiantes de los modelos explicativos detectados en la etapa exploratoria en espiral, el grado en que esos modelos son compartidos por los estudiantes y la medida en que el empleo de éstos depende de la situación problemática enfrentada.

En la investigación “El vínculo entre aspectos conceptuales y epistemológicos en el aprendizaje de la física clásica”, por Guridi y Salinas (1999) –Departamento de Formación Docente, Facultad de Ciencias Exactas, Universidad Nacional del Centro y Salinas, del Departamento de Física, Facultad de Ciencias Exactas y Tecnología, Universidad Nacional de Tucumán, Argentina–, se informa sobre los resultados obtenidos en una Tesis de Maestría desarrollada con la intención de comprender mejor el proceso de aprendizaje de la física en el nivel medio y obtener criterios que orientaran estrategias educativas más eficaces. La investigación realizada estuvo centrada en el estudio de la relación entre la comprensión conceptual de la Mecánica newtoniana y la concepción epistemológica de la Física Clásica en estudiantes de Física de nivel medio.

Esta investigación ha incorporado estrategias cualitativas y cuantitativas. La población en estudio fueron dos grupos de estudiantes de 15 años de edad, que cursaban Física como asignatura curricular del tercer año de dos escuelas medias de la ciudad de Tandil (provincia de Buenos Aires, Argentina).

Con una metodología cualitativa se reveló información referida al estilo del docente, al clima del aula y al modo en que fueron tratados los contenidos en clase. Para ello se presencié y grabé el desarrollo completo de todas

las clases en ambos grupos. Las actividades estaban vinculadas con la Mecánica newtoniana y se empleó un protocolo para orientar la organización de las observaciones.

Con una metodología cuantitativa se estudió el comportamiento y la vinculación entre sí de dos variables: la visión acerca de la ciencia que presenta un estudiante de nivel medio (PE) y su conceptualización en física [“Comprensión Conceptual” (CC)]. Se operativizaron ambas variables (PE y CC), se establecieron criterios para su cuantificación y se realizó un estudio descriptivo y de correlación de las mismas. La noción de CC hace referencia al entendimiento de la Mecánica Clásica que tienen los estudiantes en relación con tres aspectos: discriminación de leyes, integración de leyes y aplicación de leyes.

Finalmente las investigadoras consideran que la educación en ciencias requiere por parte de docentes e investigadores una actitud científica, crítica y reflexiva, que no acepte sin control “verdades obvias”, sean éstas “tradicionales” o “alternativas”, es decir, tanto la crítica de la enseñanza habitual como la sugerencia de estrategias educativas superadoras, deben fundamentarse teóricamente y controlarse experimentalmente con rigor. Los resultados refuerzan la advertencia ya formulada por otros investigadores en el sentido de que las relaciones entre aprendizaje de la ciencia y visión acerca de la ciencia no son sencillas ni directas y deben ser estudiadas en profundidad (Strike y Posner, 1991); en el aprendizaje de la física no parece haber una “relación causal simple” entre comprensión conceptual y comprensión epistemológica, y que las orientaciones epistemológicas se complejizan, porque para el caso de un estudiante que fuera un realista ingenuo, se podría estar tentados de pensar que éste suponga que el método científico es único, que el conocimiento científico no es transferible, ni perfectible, ni colectivo; una visión muy ingenua, obviamente, acerca del trabajo científico. Sin embargo, los resultados muestran que las orientaciones epistemológicas no son simples, sino que, por el contrario, presentan numerosos matices que serían interesantes de estudiar con mayor profundidad.

La investigación “¿Hay relación entre la ‘comprensión epistemológica’ y la ‘comprensión conceptual’ en el aprendizaje de la física clásica?”, por Salinas, Wainmaie y Guridi (2005) –Universidad Nacional de Tucumán, Argentina; Universidad Nacional de Quilmes, Argentina; y Universidad de Sao Paulo, Brasil–, tiene como objetivos aportar a la identificación de aspectos de una cierta estructura en las concepciones de los estudiantes en la búsqueda de interpretaciones más profundas e interconectadas que su mera

descripción, y sugerir estrategias e instrumentos de enseñanza y evaluación de mayor eficacia.

Algunas reflexiones de partida dan cuenta de que la investigación educativa está mostrando que el aprendizaje comprensivo –con significado y con sentido– de la física es el resultado de múltiples factores internos y externos al aula, cuya identificación, caracterización, incidencia e interrelación aún no han sido satisfactoriamente abarcadas, analizadas, comprendidas. Entre los diversos factores cuya influencia cabría conjeturar y controlar desde una concepción constructivista sobre el aprendizaje de las ciencias, la comprensión por parte de los estudiantes de la *naturaleza epistemológica del conocimiento que se enseña* es reconocida por numerosos investigadores como una dimensión potencialmente relevante.

Este reconocimiento conduce a la realización de diversas indagaciones que han permitido conocer las imágenes de la ciencia y del conocimiento científico de los estudiantes, y explica la fortaleza de esta línea de investigación, así como los esfuerzos destinados a clarificar y establecer consensos sobre lo que constituye una visión correcta de estos aspectos. El estudio de las visiones epistemológicas pretende aportar a la identificación de aspectos de una cierta estructura en las concepciones de los estudiantes, en interpretaciones más profundas e interconectadas más allá de una descripción, y de estrategias e instrumentos de enseñanza más eficaces. Dichas imágenes pueden ser vinculadas con distintos propósitos de la educación científica. En particular, varios autores sostienen que las concepciones epistemológicas de los estudiantes influyen en los resultados del aprendizaje de los contenidos científicos (Songer y Linn, 1991; Gaskell, 1992; Mortimer, 1995; Salinas, Gil y Cudmani, 1995; Duschl y Hamilton, 1998; Campanario y Otero 2000).

Desde esta perspectiva, se entiende que una adecuada comprensión del cuerpo de conocimientos disciplinares requiere un apropiado entendimiento de las concepciones epistemológicas que actúan como moldes en el proceso de su elaboración y validación. Sin embargo, hasta el momento hay relativamente poco análisis teórico-experimental sistemático de la relación entre las visiones epistemológicas de los estudiantes sobre las ciencias y el aprendizaje de las mismas, mucho menos en el campo de la educación universitaria. Los trabajos son escasos, la mayoría para el nivel medio, con resultados no coincidentes, y los autores alertan sobre la complejidad de esta relación (Strike y Posner, 1991; Halloun y Hestenes 1996; Tsai, 1998), por lo que el problema parece necesitar de más estudios y profundizaciones.

En este contexto, se informa sobre los resultados obtenidos en dos Tesis de Maestría en las que se propusieron responder el siguiente interrogante: *¿hay relación entre la comprensión epistemológica de la Física y la comprensión del cuerpo de saberes de la disciplina?* Las poblaciones bajo estudio correspondieron a estudiantes de nivel medio (Guridi, 1999) y a estudiantes de nivel universitario (Wainmaier, 2003), en ambos casos asistentes a cursos de Física destinados a su familiarización con el conocimiento de la disciplina (Furió, Vilches, Guisasola, y Romo, 2001).

La investigación “La multiplicidad de representaciones acerca de las estructura de la materia”, por Gallegos, Garritz, y Flores (2005) –de CCADET UNAM y Facultad de Química UNAM– presenta los modelos de representación que tienen estudiantes universitarios sobre la estructura de la materia, considerando que esta representación está formada por un perfil de modelos que describen sus respuestas ante distintos contextos fenomenológicos.

Como reflexiones de partida se muestra que durante las últimas décadas el trabajo sobre concepciones alternativas ha llevado hacia distintas formas de representación de las mismas, desde considerarlas conceptos aislados hasta integrarlas dentro de marcos o estructuras conceptuales que determinan la forma en la que éstas son utilizadas por los estudiantes. Estas concepciones persisten en las estructuras conceptuales de los estudiantes, coexistiendo con nuevas ideas –elaboradas por los sujetos–, lo que ha llevado al reconocimiento de que los estudiantes construyen múltiples representaciones conceptuales que dependen de las condiciones de aplicación dentro de contextos específicos.

Desde esta perspectiva, Mortimer (1995) propone la noción de perfil conceptual, lo que “presupone que un individuo puede tener diferentes visiones del mismo concepto, considerando que existen diferentes formas de ver y representar, al mismo tiempo, una realidad” (Ribeiro y Mortimer, 2004, p. 218).

Los investigadores exponen que un caso ampliamente documentado de estas múltiples representaciones, es el que presentan los estudiantes de distintos niveles escolares con relación a sus concepciones de estructura de la materia (Andersson, 1990; Pozo, Gómez y Sanz, 1999). Estos estudios muestran que los estudiantes mantienen una concepción continua de la materia, que es compartida con modelos de partículas. Estas dos representaciones no se interrelacionan, lo que expresa las dificultades que presentan para visualizar un modelo continuo y uno discreto ante cierto fenómeno. Esto genera interrogantes como: ¿son las únicas representacio-

nes o modelos que tienen los estudiantes?, ¿cuál sería el perfil de uso de tales concepciones?

Algunas de las conclusiones evidencian que la descripción que dan los perfiles de modelos de la población total, muestran que estos sufren transformaciones a lo largo de la escolaridad. Este proceso de transformación que se observa en los perfiles señala la existencia de un cambio en el PC, indicado por la frecuencia de uso de los modelos, y que los perfiles de modelos son sistemas complejos que describen cómo las distintas formas de representación, con base en el contexto y nivel de cuestionamiento, son estructuradas en la mente de los sujetos.

En la investigación “Capacidad generativa de conceptos sobre masa, peso y gravedad de un modelo analógico”, por Viau, Zamorano, Gibbs y Moro (2006), de la Universidad Nacional de Mar del Plata, Argentina, plantean que las dificultades que presentan los alumnos para la comprensión de los conceptos de masa, peso y gravedad han sido bastantes. No son conceptos que se derivan de sí mismos, sino que los estudiantes los van adquiriendo a medida que avanza la instrucción. Los investigadores consideran que para los físicos, la naturaleza esencial de la gravedad se encuentra dentro de lo profundo de la teoría de la relatividad de Einstein. Pero los cursos de enseñanza media y del ciclo básico universitario están basados en las tres leyes de Newton y en la ley de gravitación universal. Distinguen que si bien los estudiantes reciben la instrucción por medio de asignaturas en las cuales la mecánica es abordada desde currículos correspondientes a los niveles medio y universitario, la ley de gravitación universal no es tratada de forma integral con los principios de Newton. Por lo tanto, no se les otorga un marco conceptual pertinente que les permita reconocer la interacción gravitatoria y diferenciarla en distintas problemáticas.

Los investigadores estudiaron las analogías, metáforas y modelos como herramientas para la exploración de la continuidad del progreso científico. Pero además, consideraron que brindaban la posibilidad de una planificación didáctica, contextualizando la enseñanza de los conceptos frente a los procesos cognitivos de los estudiantes. La aplicación didáctica del modelado puede ser considerada como un razonamiento continuo en el cual el profesor comienza conociendo las capacidades representacionales básicas de los alumnos y trata de aproximarse al entramado de conocimientos científicos (modelos teóricos). Los investigadores, señalan que en el medio tiene que existir una forma de intermediación representacional (modelos didácticos analógicos). Según su línea de investigación (Zamorano, Gibbs, Moro y Viau, 2006) proponen una estrategia didáctica para mejorar

la conceptualización, que consiste en la utilización de un modelo didáctico analógico aplicado a diferenciar los conceptos de masa, peso y gravedad.

Esta investigación se llevó a cabo en dos etapas: la primera consistió en la elaboración del PC de los estudiantes sobre los conceptos de masa, peso y gravedad, sobre el que se basaron para diseñar un modelo didáctico analógico aplicado a dichos conceptos, y la segunda fue el diseño de un modelo didáctico analógico.

“El perfil conceptual de vida: ampliando las herramientas metodológicas para su investigación”, por Rodrigues y Silva, (2006), de la Facultad de Educación UFMG, Belo Horizonte, Brasil, es un estudio que tiene como objetivo investigar posibilidades de refinamiento en los procedimientos de obtención de datos para investigaciones sobre perfiles por medio de cuestionarios. El PC es una noción relacionada con la enseñanza/aprendizaje de conceptos científicos y se fundamenta en el hecho de que un concepto puede abrigar una diversidad de significados, que pueden ser aplicados de acuerdo con el contexto (Mortimer, 1995).

El trabajo sobre el perfil de vida, se constituye en una tentativa de expansión y refinamiento de la metodología de Coutinho (2005), contribuyendo al perfeccionamiento de los procedimientos de investigaciones sobre perfiles conceptuales realizados por medio de cuestionarios. Como esta investigación tiene un carácter de replicación metodológica, algunas consideraciones de Coutinho (2005) sobre la investigación empírica realizada con cuestionarios y los resultados obtenidos por medio de ese instrumento, sirvieron como norteadoras para la elaboración de su metodología.

El cuestionario de Coutinho contaba con cuatro cuestiones, siendo que la cuestión del número 2 era subdividida en otras tres subcuestiones. Esas cuestiones exigían respuestas escritas de los estudiantes, solicitando definiciones sobre la vida. De este test fueron aprovechadas las respuestas de tres preguntas para el análisis y construcción de los datos. El cuestionario fue aplicado a 120 estudiantes de graduación y pots-graduación del curso de Biología de una institución pública federal. Los resultados servirían para la construcción de las zonas del perfil, para el análisis de los perfiles individuales más frecuentes y el estudio de la evolución de las categorías del perfil a lo largo de dos períodos.

Al analizar los perfiles individuales, Coutinho (2005) destacó que un gran número de entrevistados –37,5% de los 45 de los sujetos de su investigación– manifestaron solamente una zona del perfil. Ello atribuye que para esos estudiantes las cuestiones pueden no haber sido eficientes en el acceso

a las zonas del PC de esos entrevistados. Coutinho sugirió que una reformulación al cuestionario, aumentando el número y diversificando los temas de las cuestiones, podría tal vez crear condiciones para que el entrevistado expresase el mayor número de categorías que componen su perfil.

Otra observación del autor es que, al investigar las concepciones sobre la vida de los estudiantes de un curso de Biología, ellos tienen acceso a un contexto cultural específico. Con eso, puede verse favorecida la aparición de determinadas zonas características del discurso de un centro de investigación y de la formación académica de biólogos. De esa forma, Coutinho recomienda la extensión del estudio a otros cursos de graduación, lo cual podría ampliar el acceso a concepciones del sentido común y verificar si la tendencia de aumento de la zona internalista observada entre los estudiantes de Biología es común en otros cursos.

Esas dos consideraciones de Coutinho sugirieron la realización de un nuevo estudio que utilizase un cuestionario diferente y que contemplase un universo muestral más amplio, constituyéndose un punto de partida para la investigación presentada. Siendo así, un nuevo instrumento de investigación fue construido y aplicado a un total de 237 alumnos de una universidad pública federal. Ese grupo estuvo compuesto por 132 estudiantes de un curso de graduación en biología y 105 alumnos del curso de farmacia.

Comentarios finales

En la dimensión del Perfil Conceptual (PC) en las investigaciones sobre la enseñanza de las ciencias se observa, por un lado, que la noción de PC se viene constituyendo en una opción que contempla los distintos modos de pensar y hablar sobre el mundo de la vida, particularmente de la ciencia. En esta propuesta no se busca reemplazar las ideas de los estudiantes por las ideas científicas; se pretende enriquecer la mirada, distinguir otros modos de pensar y hablar, reconocer la demarcación de estos modos, tomar consciencia de la existencia de las diferentes zonas y su potencialidad en los contextos de uso.

La distinción de las zonas posibilita la ubicación de los modos de pensar y hablar tanto en las ideas de la historia y filosofía de la ciencia como en las ideas de los estudiantes en el aula, en situaciones de aprendizaje, en donde se propicia la evolución del PC. Esto permite ubicar el valor pragmático y marco de referencia desde los cuales hablan los sujetos y comunidades a partir de la distinción de los aspectos epistemológicos y ontológicos subyacentes en esos modos de pensar y hablar. Se reconoce que existe un perfil

para cada individuo, pero este se constituye en el entramado de significaciones de los contextos en los cuales se moviliza el sujeto, es decir, en su cultura de origen.

El trabajo en torno a los PC, permite considerar la pluralidad epistémica y cultural tanto en el aula como en las comunidades científicas, lo cual se constituye en una alternativa para el reconocimiento del otro, su distinción y diálogo, particularmente en el aula.

Por otro lado, las investigaciones reseñadas nos permiten identificar un proceder particular cuando se tiene en la base los PC. En este sentido, se distingue que en la investigación se debe elegir y optar por un concepto específico, por ejemplo calor, entropía, vida, átomo, estructura de la materia, empuje, evolución, adaptación, masa, peso, gravedad, molécula, entre otros.

Con relación a las fuentes en este tipo de investigaciones, se deben contemplar la historia de las ideas científicas y la filosofía de la ciencia, estudios y trabajos sobre alternativas en la enseñanza de las ciencias y las vivencias en el aula, dado que teniendo estas fuentes se llega a comprender mejor la génesis de los conceptos, el significado para las comunidades y la dimensión de los contextos de uso. Su revisión debe ser simultánea para allegar elementos que permitan ubicar las categorías, distinguir las zonas y caracterizar el PC. En el desarrollo del trabajo en clase, la elaboración del discurso puede llevar a replantear las categorías según la emergencia de los diferentes modos de pensar y hablar.

La mayor parte de las investigaciones reseñadas utilizaron el PC como un instrumento para la clasificación y estructuración de las ideas relacionadas con un determinado concepto. En algunos casos, aspectos de la constitución de las zonas no fueron explicitados, por ejemplo, ideas del contexto histórico fueron poco o nada consideradas en las zonas (Amaral, 2004). Se tiene en cuenta que la caracterización de las zonas del perfil estima los datos empíricos obtenidos en la clase, relatos en estudios de la literatura sobre concepciones informales de los estudiantes y el estudio de la evolución histórica del concepto (Mortimer, 1995, 1997, 2000).

Los instrumentos diseñados fueron cuestionarios, escritos, conversaciones, filmaciones, preguntas abiertas, situaciones de estudio, entre otras. Lo cual brinda la opción de revisar y retroalimentar las categorías y formas de sistematizar y recoger la información.

Finalmente, varias de las investigaciones abren nuevas rutas de estudio y desafíos para pensar la enseñanza de las ciencias. Por ejemplo, repensar la enseñanza de la química, física o biología; la enseñanza y aprendizaje

de un concepto o una teoría; el estudio y la indagación de los principios ontológicos y epistemológicos para comprender los modos de pensar y hablar en el aula; el reconocimiento de la diversidad cultural, el contexto y las comunidades presentes en los espacios escolares al adelantar la acción pedagógica, entre otras posibilidades.

Bibliografía

Aikenhead, G. (1996). Science ducation: Border crossing into the subculture of science. En: *Studies Science Education* (27), 1-52.

_____ (2001). Students' ease in crossing cultural borders into school science. En: *Science Education* (85), 180-188.

Alurralde, E. y Salinas, J. (2009). Modelos explicativos que estructuran las ideas de los estudiantes en física: aportes, resultados e interpretaciones para el aprendizaje del empuje. Disponible en: <http://www.feeye.uncu.edu.ar/web/posjornadasinve/area3/Ciencias naturales y su didactica/060>. Argentina: UN Tucuman.

Anderson, B. (1990). Pupils' conceptions of matter and its transformations (age 12-16). En: *Studies Science Education* (18), 53-85.

Amaral, E. R. (2004). *Perfil conceitual para a segunda lei da termodinâmica aplicada às transformações físicas e químicas e dinâmica discursiva em uma sala de aula de química do ensino médio*. [Tese Doutorado em Educação] Belo Horizonte: Faculdade de Educação, Universidade Federal de Minas Gerais,.

Amaral, E. R., y Mortimer, E. F. (2001). Uma proposta de perfil conceitual para o conceito de calor. En: *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências* (1), 5-18.

_____ (2006). Uma metodologia para estudar a dinâmica entre as zonas de um perfil conceitual no discurso da sala de aula" (en impenta). En: F. antos; M. T. Greca y M. R. Lleana (Org.). *A pesquisa em ensino de ciências no Brasil e suas metodologias*. Ijuí: Editora UNIJUÍ.

Arca, M.; Guidoni, P. y Mazzoli, P. (1990). *Enseñar ciencia. Cómo empezar: reflexiones para una educación científica de base*. Barcelona: Paidós Educador.

Bachelard, G. (1996). *A formação do espírito científico*. Estela dos Santos Abreu (Trad.). Rio de Janeiro: Contraponto Editora.

_____ (2003). *La filosofía del no. Ensayo de una filosofía de un nuevo espíritu científico*. Amorrortu.

- Bakhtin, M. M. (1986). *Speech genres and other late essays*. Austin, TX: University of Texas Press.
- Barbosa, L. y Lins de Barros, H. (1997). Uma proposta de ensino de calor e temperatura à luz de Bachelard. En: *Atas do I Encontro Nacional de Pesquisa em Ensino de Ciências*, 315-321.
- Campanario, J. M. y Otero, J. C. (2000). Más allá de las ideas previas como dificultades de aprendizaje: las pautas de pensamiento, las concepciones epistemológicas y las estrategias metacognitivas de los alumnos de ciencias. En: *Enseñanza de las Ciencias*, 18 (2), 155-169.
- Caponi, G. (2005). O darwinismo e o seu outro, a teoria transformacional da evolução. En: *Scientiae Studia*, 3 (2), 233-242.
- Carey, S. (1985). *Conceptual change in childhood*. Cambridge: MA, MIT Press.
- Chi, M. T. (1992). Conceptual change within and across ontological categories: examples from learning and discovery in science. En: R. N. Giere (Ed.). *Cognitive models of Science. Minnesota studies in the philosophy of Science, XV*. Minneapolis: University of Minnesota Press.
- Cobern, W. (1993). College student's conceptualizations of nature: an interpretative world analysis. En: *Journal of Research in Science Teaching*, 30 (8), 985-951.
- _____ (1994). Point: belief, understanding and the teaching of evolution. En: *Journal of Research in Science Teaching* (31), 583-590.
- _____ (1996). Worldview theory and conceptual change in science education. En: *Science Education* (80), 579-610.
- Cober, W., y Loving, C. (2001). Defining "Science" in a multicultural world: Implications for Science Education. En: *Science Education* (85), 50-67.
- Coutinho, F. A. (2005). *Construção de um perfil conceitual de vida*. [Tese Doutorado em Educação]. Belo Horizonte: Universidade Federal de Minas Gerais, Faculdade de Educação.
- Driver, R. (1986). Psicología cognoscitiva y esquemas conceptuales de los alumnos. En: *Enseñanza de las ciencias*, 4 (1), 3-15.
- Driver, R., y Erikson, G. (1983). Theories in action: some theoretical and empirical issues in the study of students conceptual frameworks in science. En: *Studies in science education*, 10.
- Driver, R.; Squires, A.; Rushworth, P. y Woodo-Robinson, V. (1994). *Making sense of secondary science*. Londres y Nueva York: Routledge.

- Duit, R. (1994). Conceptual change. Approaches in science education. En: *Symposium of Conceptual Change*. Alemania: Universidad de Jena.
- _____ (1999). Conceptual change. Approaches in science education. En: W. Shonotz; S. Vosniadou y M. Carretero (Eds.). *New perspectives on conceptual change*. Oxford: Elsevier.
- Duit, R. y Treagus, D. (1998). *Learning science: from behaviourism towards social constructivism and beyond*. En: B. J. Fraser y K. G. Tobin (Eds.). Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.
- Durkheim, E. (1972). *Selected writings*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Duschl, R. y Hamilton, R. (1998). Conceptual change in science and in the learning of science. En: *International Handbook of Science Education*, 1047-1065.
- _____ (1998). Conceptual change in science and in the learning of science. En: B. J. Fraser y K. G. Tobin (Eds.). *International handbook of science education*, 1047-1065. Dordrecht, the Netherlands: Kluwer.
- El-Hani, Ch. (2006). Referencias teóricas y subsidios metodológicos para una pesquisa sobre las relaciones entre educación científica y cultura. En: G. Texeira (Org.). *A Pesquisa em ensino de ciencias no Brasil e suas Metodologias*, 161-212.
- El-Hani, Ch. y Mortimer, E. F. (2007). Multicultural education, pragmatism and the goals of science teaching. En: *Cultural Studies of Science Education* (2), 657-702.
- Erickson, G. (1985). Heat and Temperature – part A: An overview of pupils' ideas. En: R. Driver; E. Guesne y A. Tiberghien (Eds.). *Children's Ideas in Science*. Milton Keynes, Philadelphia: Open University Press.
- Fleck, L. (1986a). *La génesis y el desarrollo de un hecho científico*. L. Meana (Trad.). Madrid: Alianza Editorial.
- _____ (1986b). Some specific features of the medical way of thinking 1927. En: R. S. Cohen y T. Shanelle (Eds.). *Cognition and fact*, 39-46. Dordrecht.
- Furió, C.; Vilches, A.; Guisasola, J. y Romo, V. (2001). Finalidades de la enseñanza de las ciencias en la secundaria obligatoria. ¿Alfabetización científica o preparación propedéutica? En: *Enseñanza de las Ciencias*, 19 (3), 365-376.
- Gallegos, L.; Garritz, A. y Flores, F. (2005). La multiplicidad de representaciones acerca de la estructura de la materia. En: *Enseñanza de las Ciencias*, Número Extra. VII Congreso, 1-6.

- Gaskell, P. J. (1992). Authentic science and school science. En: *International Journal of Science Education* (14), 265-272.
- Halloun, I. y Hestenes, D. (1996). Interpreting VASS dimension and profiles. En: *Science y Education*, 7 (1), 3-24.
- Giordan, A. y De Vecchi, G. (1988). *Los orígenes del saber. De las concepciones personales a los conceptos científicos*. Sevilla: Diada Editores.
- Guridi, V. (1999). ¿Puede vincularse la comprensión conceptual en Física con el perfil epistemológico de un estudiante? [Tesis de Maestría en Epistemología y Metodología de la Ciencia]. Argentina: Universidad Nacional de Mar del Plata.
- Guridi, V. y Salinas, J. (1999). El vínculo entre aspectos conceptuales y epistemológicos en el aprendizaje de la física clásica. En: *Ensino y Educacao*, 6 (2).
- James, W. (1907). Pragmatism: A new name for some old ways of thinking". New York: Longman Green and Co. Recuperado el 6 de abril de 2008. Disponible en: http://www.brocku.ca/MeadProject/James/James_1907/James_1907_toc.html.
- Johnson-Laird, P. (1983). *Mental models*. Cambridge: Harvard University.
- _____ (1996). Images, models, and propositional representational. En: De Vega, et al. *Models of visiospatial cognition*. New York: University Press.
- Justi, R. (2006). La enseñanza de las ciencias basada en la elaboración de modelos. En: *Enseñanza de las ciencias*, 24 (29), 173-184.
- Justi, R. y Gilbert, J. (2006). Models and modelling in chemical education. En: J. Gilbert; O. D. Jomg; R. Justi; D. F. Treagust y J. H. Driel (Eds.). *Chemical Education: towards research-based. Practice*, 47-68). Dordrecht: Kluwer.
- Lewontin, R. (1985). The organism as the subject of evolution. En: R. Levins y R. Lewontin. *The dialectical biologist*. Cambridge: Haward University Press.
- Lins, R. (1994). *Eliciting the meanings for algebra produced by students: knowledge, justification and semantic fields*. Lisboa: PME XIV.
- Mathy, P. (1992). *Las teorías de la evolución en los manuales escolares. Análisis crítico-histórico-epistemológico y proposición de alternativas*. Bruselas: Département Sciences, Philophies, Societés Facultés Universitaires de Namur-Bruxelles.
- Mayr, E. (1988). *Toward a new philosophy of biology: Observations of an evolutionist*. Cambridge: Harvard University Press, 563.

- _____ (1998). *O desenvolvimento do pensamento biológico: diversidade, evolução e herança*. I. Martinazzo (Trad.). Brasília: Editora da Universidade de Brasília.
- Molina, A. (2000). *Conhecimento, cultura e Escola: Um estudo de suas interrelações a partir das idéas dos alunos (8-12 años) sobre os espinhos dos cactos*. [Tesis doctoral]. Sao Paulo: Universidad de Sao Paulo.
- _____ (2002). Conglomerado de relevancias de niños y jóvenes. En: *Científica*, 4 (1), 187- 200.
- _____ (2004). Investigaciones acerca de la enseñanza, el aprendizaje de los textos escolares en la evolución de la vida: Enfoques culturales. En: *Cuadernos de Investigación, Enfoques culturales en la educación en ciencias caso de la evolución de la vida*. Universidad Distrital (4), 9-33.
- _____ (2005a). El "otro" en la constitución de identidades culturales. En: C. Piedrahita y E. Paredes (Eds.). *Cultura política, identidades y nueva ciudadanía*, 139-169 (2 v.). Cúcuta: Sic Editorial LTDA.
- Molina, A.; López, D. y Mójica, L. (2005). Ideas de los niños sobre la naturaleza: un estudio comparado. En: *Revista Científica*, 7 (1), 41-62.
- Moreira, M. A. (1999). Modelos mentales. En: *Investigaciones en Enseñanza de las ciencias*, 1 (3), 193-232.
- _____ (2005). *Representações mentais, modelos mentais e representações sociais*. Porto Alegre: Universidad Federal do Rio Grande do Sul.
- Moreira, M. A. y Greca, I. (2002). Modelos mentales y modelos conceptuales en la enseñanza y aprendizaje de las ciencias. En: *Brasileira de Pesquisa em Educacao en Ciências*, 2 (3), 44-66.
- _____ (2003). Cambio conceptual: Análisis crítico y propuestas a la luz de la teoría del aprendizaje significativo. En: *Ciencia y Educacao*, 7-25.
- Mortimer, E. F. (1975). Conceptual change or conceptual prolife change? En: *Science y Education* (4), 267- 285.
- _____ (1994). *Evolução do atomismo em sala de aula: Mudança de perfis conceituais*. [Tesis de doctorado] São Paulo: Universidade de São Paulo, Faculdade de Educação.
- _____ (1997). *Para além das fronteiras da química: relações entre filosofia, psicologia e ensino de química*. En: *Química Nova*, 20 (2).

- _____ (1998). Multivoicedness and univocality in classroom discourse: an example from theory of matter. En: *International Journal of Science Education* (1), 67-82.
- _____ (2000). *Linguagem e formação de conceitos no ensino das ciencias*. Belo Horizonte: Editora UFMG.
- _____ (2001). Perfil conceptual: modos de pensar y formas de hablar en las aulas de ciencia. En: *Infancia y Aprendizaje*, 24 (4).
- Mortimer, E. F. y Scott, P. H. (2000). Analysing discourse in the science classroom. En: J. Leach; R. Millar y J. Osborne (Eds.). *Improving Science Education: the contribution of research*. Milton Keynes: Open University Press.
- _____ (2003). *Meaning making in secondary science classrooms*. Maidenhead, UK: Open University Press.
- Mortimer, E. F; Scott, P. y El-Hani, Ch. (2009). Bases epistemológicas da abordagem dos perfis conceituais. En: *VII Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências* (ENPEC).
- Morrison, M. y Morgan, M. (1999). Models as mediating instruments. En: M. S. Morgan y M. Morrison (Eds.). *Models as mediators*, 10-37. Cambridge: University press.
- Norman, D. (1983). *Some observations on mental models*. En: D. Gentner y A. L. Stevens (Eds.). New York: Lawrence Erlbaum Associates.
- Nussbaum, J. R. (1989). Classroom conceptual change: philosophical perspectives. En: *International Journal of Science Education* (11), 530-540.
- Orozco, J. (1996). Gastón Bachelard y la historia comprometida. En: *Cuadernos de Historia y Enseñanza de las Ciencias* (2), 19-43. Universidad Pedagógica Nacional.
- Ogawa, M. (1986). Towards a new rationale of science education in a non-western education. Bulletin of the Faculty of Education, Ibaraki University. En: *Educational Sciences* (35), 1-8.
- Piaget, J. (1975). *El desarrollo del pensamiento. Equilibración de las estructuras cognitivas*. Lisboa: Don Quijote.
- _____ (1984). *La representación del mundo en el niño*. Madrid: Morata.
- Piaget, J. y Inhelder, B. (1972). *De la lógica del niño a la lógica del adolescente*. Buenos Aires: Paidós.

- Posner, G. J.; Strike, K. A.; Hewson, P. W. y Gerzog, W. A. (1982). Accommodation of a scientific conception: Toward a theory of conceptual change. En: *Science Education* (66), 211-227.
- Pozo, J. I. (1989). *Teorías cognitivas del aprendizaje*. Madrid: Morata.
- _____ (2003). ¿Puede la educación científica sustituir al saber cotidiano de los alumnos? En: *II Congreso Iberoamericano de la Enseñanza de las Ciencias Experimentales*. Madrid: Universidad de Alcalá.
- Pozo, J. I. y Gómez, M. (1998). *Aprender y enseñar ciencias. Del conocimiento cotidiano al conocimiento científico*. Madrid: Morata.
- Pozo, J. I.; Rodríguez, A. y Marrero, J. (1993). *Las teorías implícitas. Una aproximación al pensamiento cotidiano*. Madrid: Aprendizaje Visor.
- Pozo J. I., Gómez, M. A., y Sanz, A. (1999). When change does not mean replacement: different representation for different context. En: Shnotz W.; Vosniadou S. y Carretero, M. (Eds.). *New perspectives on conceptual change*, 161-174. Oxford: Pergamon Elsevier.
- Putnam, H. (1995). *Pragmatism: an open question*. Oxford e Cambridge: Blackwell Publishers.
- Ribeiro, E. y Mortimer, E. (2004). Un perfil conceptual para entropía y espontaneidad: una caracterización de las formas de pensar y hablar en el aula de Química. En: *Educación Química*, 15 (3), 218-233.
- Rodrigo, M. J. (1985). Las teorías implícitas en el conocimiento social. En: *Infancia y aprendizaje* (31-34), 145-156.
- _____ (1994). El hombre de las calles, el científico y el alumno: ¿un solo constructivismo o tres? En: *Investigación en la escuela* (23), 7-15.
- Rodrigo, M. J.; Rodríguez, A. y Marrero, J. (1994). *Las teorías implícitas. Una aproximación al conocimiento cotidiano*. Madrid: Visor.
- Rodríguez, F. y Silva, D. (2006). *O perfil conceitual de vida: ampliando as ferramentas metodológicas para sua investigação*. Belo Horizonte: Universidade Federal de Minas Gerais, faculdade de educação.
- Salinas, J.; Gil, D. y Cudmani, L. (1995). La elaboración de estrategias educativas acordes con un modo científico de tratar las cuestiones. En: *Memorias de la Novena Reunión Nacional de Educación en Física*, 336-348). Argentina: Salta.
- Salinas, J.; Wainmaier, C. y Guridi, V. (2005). ¿Hay relación entre la "comprensión epistemológica" y la "comprensión conceptual" en el aprendizaje de la física clásica? En: *Enseñanza de las ciencias*, Número Extra. VII Congreso, 1-5.

- Schutz, A. (1967). *The phenomenology of the social world*. G. Walsh y F. Lehnert (Trad.). New York, NY: Northwestern University Press.
- Segura, D.; Molina, A.; Pedreros, R.; Arcos, F.; Velasco, A.; Leuro, R. y Hernández, G. (1995). *Vivencias de conocimiento y cambio cultural*. Santafé de Bogotá: Corporación Escuela pedagógica Experimental – Colciencias
- Sepúlveda, C. y El-Hani, Ch. (2009). *Construcción de perfil conceptual de adaptación y análisis de la dinámica discursiva en contextos de enseñanza de la evolución*. [Tesis de doctorado]. Salvador: Universidad Federal de Bahía, Facultad de Educación.
- Silva, D. (1995). *Estudo das trajetórias cognitivas de alunos no ensino da diferenciação dos conceitos de calor e temperatura* [Tesis de doctorado]. Brasil: Universidade de São Paulo, Faculdade de Educação.
- Solsona, N.; Izquierdo, M. y Jong, O. (2003). Explorando el desarrollo de perfiles conceptuales de los estudiantes acerca del equilibrio químico. En: *Revista Journal of Science Education*, 25 (1), 3-12.
- Songer, N. B. y Linn, M. C. (1991). ¿How do students' views of science influence knowledge integration? En: *Journal of Research in Science Teaching* (28), 761-784.
- Strike, K. y Posner, G. J. (1991). *Philosophy of Science, Cognitive Science and Educational Theory and Practice*. New York: Sunny Press.
- Tsai, C. C. (1998). An analysis of scientific epistemological beliefs and learning orientations of taiwanese eighth graders. En: *Science Education*, 82 (4), 473-489.
- Toulmin, S. (1977). *La comprensión humana 1. El uso colectivo y la evolución de los conceptos*. Madrid: Alianza Universidad.
- Tulviste, P. (1991). *The cultural-historical development of verbal thinking*. M. J. C. Hall (Trad.). New York: Nova Science.
- Utges, G. y Pacca, J. (1998). Razonamiento analógico y aprendizaje significativo. Una discusión analizando analogías utilizadas en la enseñanza del concepto de onda. En: *Atas do IV Encontro de Pesquisa em Ensino de Física*. Florianópolis.
- _____ (2003). *Análisis factorial en la caracterización de representaciones implícitas. Reflexiones metodológicas a la luz de algunas investigaciones realizadas*. Universidad del Rosario.
- Utges, G.; Jardón, A.; Feráboli, L. y Fernández, P. (2000). Teorías implícitas de los profesores sobre la tecnología y su enseñanza. En: *Atas do VII Encontro de Pesquisa em Ensino de Física*. Florianópolis.

- Vergnaud, G. (1990). La theorie des champs conceptuels. *Resecherches. Didactique des Mathematiques*, 10 (23), 133-170.
- _____ (1996). A trama dos champs conceptuels na construo dos conhecimentos. En: *Revista do GEMPA* (4), 9-19.
- _____ (2007). ¿En qué sentido la teoría de los campos conceptuales puede ayudarnos para facilitar aprendizaje significativo? En: *Investigacoes em Ensino de Ciencias*, 12 (2), 285-302.
- Viau, J.; Zamorano, R.; Gibbs, H. y Moro, L. (2006). Ciencia y pseudociencia en el aula: el caso del "Bosque energético". En: *Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 5 (3), 451-465.
- Vygotsky, L. S. (1978). *Mind in society: The development of higher psychological process*. En: M. Cole; V. John-Steiner; S. Scribner y E. Souberman (Eds.). Cambridge, MA: Harvard University Press.
- _____ (1987). Thinking and speech. En: R. W. Rieber y A. S. Carton (Eds.). Minich, N. (Trad.). *The collected works of L. S. Vygotsky*, 39-285. New York, NY: Plenum Press.
- _____ (2000). *A construção do pensamento e da linguagem*. Bezerira, P. (Trad.). São Paulo: Martins Fontes.
- Wainmaier, C. (2003). *Incomprensiones en el aprendizaje de la Mecánica Clásica Básica*. [Tesis de Maestría]. Tucumán, Argentina: Universidad Nacional de Tucumán.
- Wertsch, J. V. (1985). *Vygotsky and the social formation of mind*. Cambridge, MA: Harvard University Press.
- Williams, M. D.; Holland, J. D. y Stevens, A. L. (1983). Human reasoning about a simple physical system. En: D. Gentner y A. L. Stevens (Eds.). *Mental models*. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum.
- Zamorano, R.; Gibbs, H.; Moro, L. y Vaio, J. (2006). Evaluación de un modelo didáctico analógico para el aprendizaje de energía interna y temperatura. En: *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 3 (3), 392-408.

Reflexiones sobre el tiempo en la física¹

Juan Carlos Castillo Ayala²

El tiempo viste un traje diferente para cada papel que desempeña en nuestro pensamiento.

Jhon Wheeler

Introducción

En este texto se abordan las concepciones de *tiempo* presentes en las ciencias de la naturaleza, particularmente en la física; se hace una descripción y análisis de algunas de éstas, en particular aquellas que se encuentran a la base de la física clásica, especialmente en la mecánica. También se analizan las teorías de la física moderna, para lo cual son tratadas las ideas de *tiempo* de la teoría Especial de la relatividad y de la mecánica cuántica. También son abordadas algunas concepciones contempladas en la termodinámica, la evolución, la vida y la edad de la Tierra, por ser muy ilustrativas para poner de manifiesto la diversidad conceptual que implica el tiempo en las ciencias de la naturaleza. Por último, se perfilan algunas implicaciones de estos análisis en la enseñanza de las ciencias.

¿Qué es el tiempo? esta pregunta reviste variadas consideraciones, ya que éste puede ser considerado como un elemento fundamental en la reflexión filosófica de la vida humana, de su conocimiento y de las formas de relación de los individuos con el mundo natural y social (Husserl, 1928) y como horizonte posible de comprensión del *Ser* en general (Heidegger, M., 1927, 1995; Olaya, 2007; Rivarola, 1994; además de estar implícito en la comprensión de nuestra vida y del mundo social, cultural y natural. Es importante resaltar que la pregunta por el tiempo y su naturaleza ha implicado desarrollos teóricos y reflexiones en diferentes órdenes. Como plantea Martins (2004), los abordajes realizados acerca del tiempo provienen de múltiples disciplinas, como la filosofía, la literatura, la historia, las artes y las ciencias naturales, entre otras.

1 Este trabajo se presenta como requisito para Candidatura de Doctorado en Educación. Trabajo orientado por la Doctora Adela Molina Andrade.

2 Profesor Departamento de Física. Universidad Pedagógica Nacional. Estudiante del Doctorado Interinstitucional en Educación, Énfasis en Enseñanza de las Ciencias. Sede Universidad Distrital Francisco José de Caldas.

Si bien el tiempo parece algo evidente en la vida del hombre, la amplia dimensión respecto de la cuestión sobre el mismo, emerge cuando nos preguntamos ¿qué experiencia tenemos acerca del tiempo?, es decir, ¿qué elementos nos permiten organizar las experiencias de acuerdo con una temporalidad específica?, ¿existe en nosotros alguna conciencia del tiempo?, ¿acaso, es el tiempo una condición del conocimiento humano?, ¿es posible que el tiempo exista independientemente del sujeto?, ¿qué relaciones se pueden establecer entre el tiempo y el espacio?, ¿cómo se explica el flujo incesante y unidireccional del tiempo/la flecha del tiempo?, ¿siempre experimentamos el tiempo de la misma forma, con el mismo ritmo y la misma cadencia, en las diferentes situaciones y etapas de nuestra vida?, ¿hay un tiempo común para todos, es decir, la concepción de tiempo es común a todos los individuos y grupos humanos?, ¿la concepción de tiempo tiene un carácter cultural? Estas son algunas preguntas que se han formulado desde distintas perspectivas; muy seguramente hay muchos más interrogantes que pueden ser planteados, dada la amplitud de la problemática. Estos son presentados en este texto, de manera introductoria, como ilustración de la complejidad implicada en la reflexión acerca del tiempo.

Por otra parte, las aproximaciones a este concepto muestran una diversidad de aspectos en relación con la categorización del mismo. Parafraseando a Wheeler, diríamos con respecto al tiempo que “viste un traje diferente para cada papel que desempeña” (Wheeler, 1990) en los distintos contextos disciplinares; éste puede aparecer de diferentes formas, como tiempo ontológico, tiempo físico, tiempo fenomenológico (Husserl, 1928), tiempo epistemológico, entre otros. También se pueden fijar controversias al respecto, como la existente entre tiempo absoluto y relativo, tiempo reversible e irreversible (Prigogine, 2001), tiempo con existencia real o como categoría del pensamiento (Kant, 1781), entre otras. Estas maneras de hablar acerca del tiempo, desde diferentes aspectos, están instauradas en el mundo del hombre, en las sociedades, en las culturas (Mashaal, 1995), en las religiones, en las formas explicativas de los diversos hechos y, más aun, en última instancia, en la experiencia de los individuos y de los grupos humanos, la cual se hace evidente en la discursividad; aspecto que puede entenderse como una relación íntima existente entre las concepciones de tiempo y de historia alrededor de las configuraciones de lenguaje (Orellana, 2003): “la manera que tiene un pueblo de experimentar las condiciones y limitaciones de su existencia aparece en su lenguaje y sus comportamientos” (Ricoeur, P.; Larre, C.; Panikkar, R.; Kagame, A.; Lloyd, G.; Neher, A.; Pattaro, G.; Gardet, L.; Gouveritch, A. 1975), aspecto que muestra una relación íntima entre la concepción de tiempo y la cultura, ya que la discursividad, ligada al lenguaje y los comportamientos de los grupos humanos, son constituyentes muy importantes de los espacios de significación, esto es, de la cultura.

En este texto se tiene como hipótesis de partida que en general las teorías científicas, al igual que las demás formas de relación de los individuos con el mundo natural y social, no pueden ser consideradas independientes de los contextos culturales (Elkana, 1983), ya que éstas cobran sentido para los individuos en tanto estén en resonancia con sus espacios de significación. En este orden de ideas, hacer un rastreo de los conceptos de tiempo presentes en distintas teorías físicas, permite visualizar cómo su significado varía, es decir, no hay un único concepto de tiempo en la física, aspecto que pone en evidencia que éste está ligado con los contextos teóricos (Saavedra, 1999), que igualmente están en estrecha relación con los contextos históricos (Kunh, 1970) y culturales (Elkana, 1983) en los que se originaron tales teorías; de acuerdo con el planteamiento de Elkana (1983), son estos contextos los que establecen la imagen de conocimiento, espacio de significación que posibilita el surgimiento, la difusión y la validación de las teorías científicas y, por supuesto, de las concepciones de tiempo que éstas implican.

Tomando en cuenta estos últimos aspectos, es claro que la diversidad de concepciones, ideas y conceptos del tiempo, presentes tanto en individuos procedentes de comunidades culturalmente diferenciadas como en las teorías científicas, plantea una problemática para la enseñanza de las ciencias, desde una perspectiva que sea sensible a las diferencias culturales. Así, el propósito de este trabajo es establecer un marco teórico en relación con las múltiples concepciones, ideas y conceptos de tiempo señaladas en las teorías científicas –particularmente en la física– que aporte elementos para la realización de un estudio acerca de las ideas de tiempo en estudiantes de licenciaturas en ciencias de la naturaleza, de los primeros semestres, de comunidades culturalmente diferenciadas.

Tiempo ciencia moderna y cultura

Con el surgimiento de la ciencia moderna en el siglo XVII, el tiempo adquiere un papel muy importante en las explicaciones del mundo físico, puesto que se constituye en un elemento estructurante de teorías físicas³, ya sea que se encuentre de manera explícita o implícita en sus explicaciones (Castillo, 2006). Especialmente en la física, con la aparición de la mecánica newtoniana y el consiguiente surgimiento del mecanicismo⁴

3 Es de anotar que la física, especialmente la mecánica, se constituye en el modelo de conocimiento científico debido a la abstracción y formalización matemática que logra, siendo por esta razón que el surgimiento de las teorías de la mecánica marcan de manera decisiva el nacimiento de lo que se conoce como ciencia moderna.

4 El mecanicismo es una cosmovisión que aparece con la ciencia moderna en el siglo XVII y que se hace hegemónica, la cual enmarca diversas teorías científicas y formas de proceder en el ámbito de la ciencia; los rasgos distintivos del mecanicismo pueden ser resumidos en los

como paradigma de conocimiento científico e imagen de conocimiento, el tiempo toma un papel fundamental ya que se constituye en un elemento imprescindible de las teorías físicas, no solo porque las descripciones involucran magnitudes que varían con el tiempo, sino porque es un concepto que se encuentra en las bases mismas de dichas teorías (Hertz, 1899); así, las leyes de la física incluyen explícita o implícitamente algún concepto o caracterización del tiempo.

El caso de la mecánica newtoniana es bastante ilustrativo, ya que Newton en su obra *Principios matemáticos de la filosofía natural*, en las definiciones, hace amplias disquisiciones con la pretensión de poner en claro lo que es el tiempo; más aun, en la primera ley –Ley de la Inercia– hay una caracterización implícita del mismo (Reichenbach, 1958).

Como se mencionó, el mecanicismo marca decisivamente la manera de estructurar explicaciones en el ámbito de las ciencias de la naturaleza, se reconoce la gran potencia que tienen los modelos mecánicos para la explicación de fenómenos de diversas clases, como los relativos al movimiento; más aun, las explicaciones de los diferentes fenómenos, aunque no acudan a modelos mecánicos, **sí se hacen a partir de descripciones espacio temporales**, muy propias de la mecánica (Castillo, 2006). Desde estos dos aspectos, el tiempo se involucra como elemento fundamental de las teorías de la física en general, y por supuesto, de la imagen de conocimiento implicada en el mecanicismo.

Es importante llamar la atención sobre el hecho de que el mecanicismo, como paradigma de conocimiento (Kuhn, 1970), se instaura como base ideológica que determina lo que puede ser considerado como un conocimiento con validez científica. De acuerdo con Piaget y García (1982), la ideología sería el puente entre los contextos de descubrimiento y los de justificación, esto es, entre la cultura y los *corpus* de conocimientos; además, de acuerdo con Geertz (1992), la ideología es definida como un sistema cultural, aspecto que sitúa al mecanicismo en una relación íntima con los contextos culturales que hicieron posible su surgimiento y difusión. Tomando en cuenta lo anterior, es posible afirmar que el mecanicismo se instaura culturalmente y define lo que significa conocer y hacer ciencia, esto es, de acuerdo con Elkana (1983), el mecanicismo es una imagen de conocimiento. Así los desarrollos posteriores de la ciencia, particularmente de la física, están marcados por niveles de abstracción y formalización

siguientes: se le atribuye un orden y regularidad a la naturaleza, el cual se expresa mediante leyes universales que en general tienen su base en una idea de causalidad determinista; se recurre a imágenes espacio-temporales para la explicación de los diversos fenómenos; por último, las explicaciones a los diversos fenómenos están sustentadas en la reducción o la analogía con fenómenos mecánicos.

comparables con los de la mecánica; inclusive, los modelos mecánicos⁵ son utilizados como la explicación más potente de diversos fenómenos. En este contexto vale la pena resaltar que no son los métodos de abstracción y formalización de la mecánica los que determinan ideológicamente lo que es un conocimiento válido, sino es la concepción de mundo la que está a la base de éstos. “*El método científico permanece subordinado a la concepción de mundo y a la naturaleza de los problemas formulados*” (Piaget, J. y García, R. 1982), y es dependiente del horizonte de sentido que implica la visión de mundo; particularmente el mecanicismo está sustentado en la atribución de un orden y regularidad a la naturaleza bajo la suposición de una causalidad determinista, la cual está anclada en las concepciones de espacio y tiempo provenientes de la mecánica, particularmente de la newtoniana, la cual surge y se difunde gracias a una imagen de conocimiento y un contexto cultural que lo hicieron posible.

De acuerdo con lo anterior, un elemento que permite hacer un rastreo de los aspectos culturales implicados en la mecánica, y por supuesto en el mecanicismo, son las ideas o conceptos de tiempo que están presentes en la mecánica clásica, rastreo que está en consonancia con la hipótesis de Ricoeur, que plantea que hablar de las ideas de tiempo de un grupo humano es necesariamente develar su cultura (Ricoeur, P.; Larre, C.; Panikkar, R.; Kagame, A.; Lloyd, G.; Neher, A.; Pattaro, G.; Gardet, L.; Gouveritch, A. 1975). Así, se puede decir que las ideas o conceptos de tiempo implicados en el mecanicismo permiten develar los aspectos culturales implicados en él, aspecto relacionado con el análisis cultural que hace Elkana (Elkana, 1983), retomando a Geertz, en el cual considera que la ciencia es un sistema cultural, como la religión, el arte y el sentido común, entre otros, bajo la consideración de que todos estos sistemas son igualmente importantes y constituyen una cultura. De acuerdo con esta idea de Elkana, así como la cultura puede ser estudiada desde el arte o la religión, también lo puede ser desde la ciencia, y por supuesto, desde las ideas o conceptos de tiempo implicados, para lo cual establece la categoría de *imagen de conocimiento* que define qué es el conocimiento, cómo se conoce y qué es aquello que se conoce.

En este orden de ideas se puede concluir que todas las formas de conocimiento y de relación con el mundo natural y social, dentro de las cuales se encuentran las ciencias de la naturaleza y sus ideas o conceptos de tiempo implicados, no pueden ser consideradas externas a la cultura (Geertz, 1992; Elkana, 1983), ya que éstas se originan en contextos históricos y culturales muy particulares (Castillo, 2009); además, en el proceso de difusión y validación cobran sentido para los individuos y las comunidades en tanto estén

5 Modelos basados en el movimiento de partículas.

en consonancia con sus espacios de significación. Es en este contexto de reflexión que es posible evidenciar una relación estrecha entre las ideas de tiempo presentes en las teorías científicas, particularmente en la física, y la cultura como espacio de significación.

Con el fin de ampliar un poco más el espectro de elementos que permitan complejizar la discusión respecto al tiempo en la ciencia moderna y sus relaciones con la cultura, serán presentadas algunas ideas o conceptos de tiempo que están a la base de las ciencias, particularmente de algunas teorías físicas.

El tiempo en la mecánica clásica

Como se mencionó anteriormente, en la mecánica clásica el tiempo cumple un papel fundamental (Martins, A. F. P. y Zanetic, J. 2002) por encontrarse en las bases mismas de las teorías (Mach, 1949), aspecto que queda claramente fundamentado en la exposición que hace Heinrich Hertz⁶ de las diferentes representaciones de la mecánica en su obra *Los principios de la mecánica*⁷ (Hertz, 1899), de la cual, para el propósito de este texto, se han tomado algunos apartes; aunque en ella la intención del autor no es definir el tiempo, sí es posible ver cómo éste es un concepto fundamental de la mecánica en general. Si bien es posible encontrar una gran diversidad de teorías o representaciones de la mecánica, Hertz las agrupa en tres: las primeras de corte newtoniano, por estar basadas en el concepto de fuerza; las segundas, de corte energetista por estar basadas en el concepto de energía; y por último su representación, que está basada en el concepto de masa. La primera de las representaciones está caracterizada de la siguiente manera:

La representación usual de la mecánica nos da una primera imagen (...). Sus principales etapas están distinguidas por los nombres de Arquímedes, Galileo, Newton, Lagrange. Las concepciones sobre las que está basada esta representación son las ideas de espacio, tiempo, masa y fuerza (Hertz, 1899).

6 Heinrich Hertz, físico alemán alumno de Hermann von Helmholtz, quien en 1883 se interesó por la teoría electromagnética de James Clerk Maxwell, y dos años más tarde, ejerciendo la docencia en la Universidad Politécnica de Karlsruhe, produjo ondas electromagnéticas, a las que midió su velocidad y longitud de onda. Las traducciones al inglés de los artículos científicos que escribió fueron recogidas en tres volúmenes: *Electric Waves* (1893), *Miscellaneous Papers* (1896) y *Principles of Mechanics* (1899). En reconocimiento a su labor, la unidad de frecuencia de una onda lleva el nombre de hertz (hercio).

7 *Los principios de la Mecánica* es el tratado en el cual él presenta su propia teoría mecánica.

Aunque la representación de la mecánica que Hertz llama *usual* es un conjunto de teorías formuladas por distintos científicos, es claro que si bien las teorías pueden diferenciarse, los elementos o ideas en las que se basan son las mismas, dentro de las cuales está el tiempo. En esta presentación Hertz no hace referencia alguna acerca de la categoría en que pueden situarse tales ideas, pero, de acuerdo con los científicos a los que se refiere, es posible vislumbrar que éstas se pueden asumir como entidades físicas; es decir, en la representación usual de la mecánica, el tiempo tiene un carácter ontológico, refiriéndose aquí a que tiene una existencia en el mundo físico, es una entidad física. Hertz plantea una segunda imagen o representación de la mecánica, la cual caracteriza de la siguiente manera:

Hay una segunda imagen de los procesos mecánicos cuyo origen es mucho más reciente que los de la primera (...). Aquí partimos, como en el caso de la primera imagen, de cuatro ideas fundamentales independientes; y las relaciones entre ellas formarán los contenidos de la mecánica. Dos de ellas, espacio y tiempo, tienen un carácter matemático; las otras dos, masa y energía, son introducidas como entidades físicas que están presentes en cantidades dadas, y no pueden ser destruidas o inventadas (Hertz, 1899).

En la exposición que hace de la segunda imagen o representación de la mecánica, la cual corresponde a las teorías energetistas, llama la atención el hecho de que se refiere al carácter del espacio y del tiempo como matemático, aspecto que los sitúa categorialmente sin existencia física; en este orden de ideas el espacio y el tiempo se sitúan como conceptos que permiten hacer una organización de los fenómenos que implican transformaciones y cambios en las entidades físicas, en este caso la masa y la energía. Esta categorización del tiempo y del espacio como matemáticos establece una marcada diferencia con la representación usual, en el sentido en que si bien en ambas el tiempo y el espacio son conceptos fundamentales, categorialmente difieren puesto que en la primera hacen referencia al mundo físico, en tanto que en la segunda se refieren a la manera como los individuos comprenden el mundo físico, es decir, al conocimiento teórico del mundo físico, aspecto que las sitúa como categorías epistemológicas. Hertz plantea una tercera representación de la mecánica caracterizada así:

Un tercer arreglo de los principios de la mecánica es el que será explicado a lo largo de este libro. Se establecerán sus principales características de una vez, de tal manera que puedan ser criticadas de la misma forma que los otros dos. Difiere de ellas en este importante aspecto, ésta solamente comienza con tres concepciones fundamentales, tiempo, espacio y masa (Hertz, 1899).

Notemos cómo en la tercera representación de la mecánica, aunque Hertz afirma que es un arreglo distinto a los dos anteriores, es claro que el tiempo es un concepto fundamental como en las representaciones anteriores.

La presentación que hace Hertz de las diferentes representaciones de la mecánica, ha permitido poner de manifiesto que el tiempo es un concepto fundamental en la ciencia moderna, la cual tiene como uno de los paradigmas de conocimiento el mecanicismo, cuyo sustento está en las teorías mecánicas. Con el fin de avanzar un poco más en la elaboración de un panorama amplio en relación con las concepciones, ideas o conceptos de tiempo en la física, ahora se presentará, de manera más explícita, cómo es entendido el tiempo en algunas teorías mecánicas.

El tiempo en la mecánica newtoniana

La mecánica newtoniana se encuentra en y es la base de las teorías, que según Hertz, son la primera representación de la mecánica (Hertz, 1899); por otra parte, dentro de las teorías mecánicas, la mecánica newtoniana tiene un papel protagónico, no solamente por ser considerada como una revolución científica (Cohen, 1983), sino por ser la teoría mecánica más difundida en la enseñanza de la física;⁸ en este sentido cobra importancia ver cómo es entendido el tiempo en ella.

En la mecánica newtoniana el tiempo aparece como un concepto fundamental, aspecto que se pone de manifiesto en el hecho de que las descripciones de los fenómenos relativos al movimiento se pueden expresar en forma de ecuaciones diferenciales con respecto al tiempo (Prigogine, 2001), lo que le atribuye un carácter explicativo. Por otra parte Newton, en su obra *Principios matemáticos de la filosofía natural*, hace un esfuerzo por explicitar los sentidos que tiene el tiempo dentro de su teoría; es así que define dos tiempos, que si bien son diferentes, están relacionados: el tiempo absoluto y el tiempo relativo. Según la definición de Newton, “*El tiempo absoluto, verdadero y matemático, en sí y por su propia naturaleza, sin relación a nada externo, fluye uniformemente y se dice con otro nombre duración.*” (Newton, 1687).

Fijémonos cómo en esta definición el tiempo absoluto tiene existencia ontológica, en el sentido en que para Newton es una entidad física que existe independientemente de la experiencia que se tenga del mismo; no

8 Si bien no se enseña estrictamente la mecánica newtoniana, en general la mecánica que es enseñada es de corte newtoniano, ya que se basa en las leyes de movimiento de Newton.

está relacionado con los fenómenos físicos, sino que depende de su propia naturaleza. Además su flujo uniforme, que se expresa en la linealidad de las ecuaciones con que se describe el movimiento, se pone de manifiesto en la primera ley del movimiento, Ley de la inercia. Un aspecto que es de resaltar, es que se entiende su existencia ontológica porque el tiempo absoluto es una entidad del mundo físico, lo cual queda expresado en la caracterización de *verdadero* que hace Newton del mismo. La calificación que le da al tiempo como matemático expresa, por un lado, que el tiempo absoluto es un concepto sin el cual es imposible la organización de cualquier experiencia, el tiempo es una categoría del conocimiento (Kant, 1781); por otra parte expresa la perfección del tiempo, la cual es la manifestación de una conciencia perfecta, Dios, aspecto que explicita de la siguiente manera en el escolio general:

Él es eterno e infinito, omnipotente y omnisciente; esto es, su duración se extiende desde la eternidad hasta la eternidad y su presencia del infinito al infinito (...). No es la eternidad ni el infinito, sino que es eterno e infinito; no es la duración ni el espacio, pero perdura y está presente. Perdura por siempre y está presente en todas partes, y por el hecho de existir siempre y en todas partes, Él constituye la duración y el espacio (Newton, 1687).

Este último aspecto llama la atención sobre el hecho de que la mecánica newtoniana está en relación íntima con una visión religiosa judeocristiana acorde con el contexto histórico en el cual surge (Force, J. E. y Popkin, R. H., 1999). Además, es de resaltar el hecho de que el tiempo absoluto, definido como dependiente de su propia naturaleza, no tiene un carácter físico en el sentido de ser definido en relación con fenómenos; asimismo, aunque es un concepto sin el cual es imposible cualquier organización de la experiencia, no puede ser situado como una simple estrategia de conocimiento de los individuos evidenciada en la teoría; así, los anteriores aspectos impiden situarlo como fenomenológico, ya que de éste no se tiene evidencia sensible, lo que se ve enfatizado por ser definido como infinito.

Ahora bien, ya que el tiempo absoluto-real no puede ser medido, puesto que es independiente de los fenómenos físicos, es posible preguntarse sobre qué experiencia se tiene del tiempo, cómo es posible medirlo. En relación con estas preguntas se puede asumir que Newton habla de otro tiempo, el relativo, al cual define así: “El tiempo relativo aparente y vulgar es alguna medida sensible y exterior (precisa o desigual) de la duración mediante el movimiento, usada por el vulgo, en lugar del tiempo verdadero; día, mes, año son medidas semejantes” (Newton, 1687).

Notemos cómo en esta definición es claro que el tiempo relativo se sitúa como una medida del tiempo, en la cual el movimiento, particularmente el de los cuerpos celestes, es la forma en que se realiza tal medida. En este orden de ideas, si bien el movimiento es un fenómeno del cual no depende el tiempo absoluto, sí es un principio de la duración, que sirve como una medida de éste. Aquí vale la pena resaltar que el tiempo relativo tiene un carácter físico, en cuanto solo es posible dar cuenta del mismo en relación con un fenómeno físico, el movimiento; además se puede afirmar que es fenomenológico, ya que requiere de una experiencia sensible, y por supuesto, de una conciencia que relacione tal experiencia (Husserl, 1928) –el movimiento– con una medida de tiempo. Este tiempo es relativo pues está relacionado con un fenómeno físico –el movimiento– y su medida depende del mismo; así, la medida del tiempo puede variar de acuerdo con el movimiento que se tome como referencia, siendo esta la razón por la cual la medida puede ser precisa o desigual. Llama la atención que el tiempo relativo, al que se refiere Newton, es aquel cuyo uso se le atribuye al vulgo/individuos no científicos, aspecto que lo sitúa con un arraigo cultural fuerte dentro de los grupos humanos no científicos (Ricoeur, P.; Larre, C.; Panikkar, R.; Kagame, A.; Lloyd, G.; Neher, A.; Pattaro, G.; Gardet, L.; Gouveritch, A., 1975).

Tiempo relativo en Leibnitz

De acuerdo con la clasificación que hace Hertz de las representaciones de la mecánica, la segunda tiene como una de sus bases conceptuales la energía; uno de los representantes más importantes de esta perspectiva es Leibnitz⁹, de quien se dice, mantuvo una extensa controversia con Newton por los que él consideraba los conceptos fundamentales de la mecánica: el espacio y el tiempo (Reichenbach, 1958). Leibnitz negaba la existencia de un espacio y un tiempo absolutos (Rada, 1980), con lo cual negaba de igual forma que éstos fueran entidades físicas. Leibnitz afirma que el espacio y el tiempo son de carácter matemático en el sentido en que expresan la relación de orden entre los eventos físicos (Leibnitz, G., en L. H. Leomker (Ed.). 1956), lo cual los sitúa como puramente relativos, aspecto que expresa de la siguiente manera: “He subrayado varias veces que con-

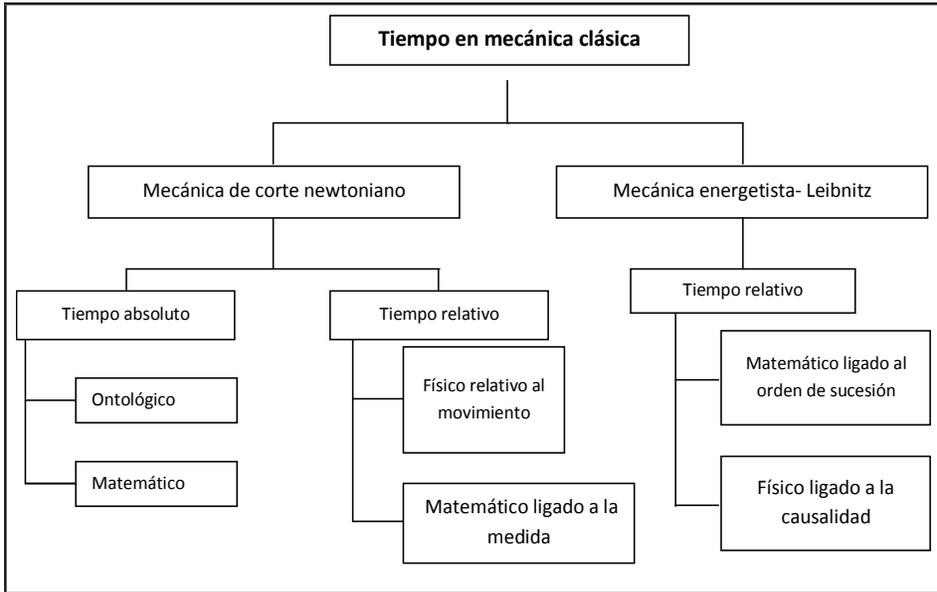
9 Gottfried Wilhelm von Leibniz (1646-Hannover, id., 1716). Filósofo y matemático alemán, planteó y defendió una física basada en el concepto de energía, la cual es situada como la causa que hace posible el movimiento. Por otra parte, de acuerdo con su metafísica, los elementos últimos que componen la realidad son las mónadas, puntos inextensos de naturaleza espiritual con capacidad de percepción y actividad que, aun siendo simples, poseen múltiples atributos; cada una de ellas recibe su principio activo y cognoscitivo de Dios, quien en el acto de la creación estableció una armonía entre todas las mónadas. Esta armonía preestablecida se manifiesta en la relación causal entre fenómenos, así como en la concordancia entre el pensamiento racional y las leyes que rigen la naturaleza.

sidero que el espacio, así como el tiempo, son algo puramente relativos: el espacio describe el orden de la existencia, y el tiempo describe el orden de sucesión.” (Leibnitz, G., en L. H. Leomker (ed.). 1956).

Es de destacar que, en contraste con la perspectiva newtoniana, el carácter *relativo* del tiempo no está relacionado con el hecho de que su medida se hace en correspondencia con el movimiento; la relatividad está dada por una relación del orden de los eventos físicos, que expresa la sucesión de dichos eventos; así, mientras el espacio describe el orden de los eventos que son permitidos simultáneamente, el tiempo describe el orden de sucesión de los eventos que no son permitidos simultáneamente (Gutiérrez, 2006); en este sentido se puede afirmar que los eventos permitidos simultáneamente no tienen una relación causal, en tanto que el tiempo establece un orden de los eventos que tienen relación causal; un evento que es causa de otro se sitúa –en orden de sucesión– antes que el otro, de esta forma se establece una relación entre tiempo y causalidad, que si bien no es enunciada explícitamente por Leibnitz, es identificable en su obra (Gutiérrez).

Ahora bien, el tiempo asociado a la causalidad lleva implícita una idea de dirección, ya que la relación causal entre eventos se constituye sobre la base de que la causa antecede al efecto; esta asociación entre orden temporal y causalidad puede ser vista desde dos aristas, una en la cual la relación causa efecto supone un orden temporal, y otra en donde el orden temporal supone que los eventos se relacionan causalmente (Gutiérrez, 2006); en el caso particular del tiempo relativo de Leibnitz, la relación causal entre eventos es la que constituye el orden de sucesión, así el orden temporal está dado por la relación causal; otros pensadores, como Kant, asumen, contrariamente a Leibnitz, que es el orden temporal el que establece una relación causal entre los eventos físicos, ya que el tiempo y el espacio son categorías *a priori* sin las cuales sería imposible hacer cualquier organización de la experiencia (Kant, 1781); la causalidad es una estrategia de los individuos para organizar la experiencia de acuerdo con un orden temporal (Bruner, 1993).

Un aspecto que vale la pena resaltar es que, independientemente de la manera como es asumida la relación entre tiempo y causalidad, ésta supone una dirección en el tiempo, la cual es asumida por Leibnitz como un orden de sucesión de los eventos; así, el tiempo relativo de Leibnitz es un tiempo direccionado, en oposición al tiempo absoluto de Newton, el cual por su “isotropía”, no permite diferenciar entre pasado, presente y futuro; de hecho, se afirma que en la mecánica newtoniana la dirección del tiempo aparece como un aspecto puramente fenomenológico (Prigogine, 2001). La siguiente gráfica resume las ideas plantadas anteriormente.



El tiempo direccionado e irreversible

Dentro de las teorías de la física, además del tiempo absoluto y el tiempo relativo –con sus diferentes significados–, es posible encontrar un tiempo direccionado e irreversible. En esta parte del texto se abordará la manera como puede ser entendido el tiempo desde las teorías que plantean explícitamente su dirección.

El tiempo en la termodinámica

La termodinámica se asume como una teoría de principios en la que se definen las condiciones de posibilidad de los procesos naturales, aspecto que se evidencia en su estructura, la cual se compone de tres conceptos, que si bien son independientes, son mutuamente complementarios: estado, cambio y proceso (Pedreros, R. y Castillo, J. C., 2007)¹⁰. Particularmente el concepto de proceso implica situar al tiempo en la descripción de los fenómenos físicos, ya que un sistema no puede encontrarse en dos estados respecto a una misma cualidad, simultáneamente¹¹; puesto que el proceso

10 Los conceptos de estado, cambio y proceso pueden ser considerados categorías epistemológicas, en el sentido en que son conceptos estructurantes para la explicación de una diversidad de fenómenos como los mecánicos, termodinámicos, electromagnéticos; y se encuentran como parte de las teorías físicas (Castillo, 2004).

11 Un cuerpo, por ejemplo, no puede estar frío y caliente al mismo tiempo.

supone que el cambio experimentado al ir de un estado a otro se hace de manera continua pasando por todos los estados intermedios, el concepto de proceso lleva implícita la idea de que los cambios se dan en el tiempo, tienen una duración determinada, un principio y un fin; esto significa que parte de un estado y llega a otro, poniéndose de manifiesto que el cambio requiere una duración (Castillo, 2004). Pensemos, por ejemplo, en una taza de café caliente dejada sobre la mesa; como consecuencia de su interacción con el ambiente se enfría hasta llegar al equilibrio térmico con éste. Dicha transición aparece como un objeto temporal, en el sentido de que la taza de café no puede instantáneamente pasar de estar caliente a estar a temperatura ambiente, sino que este cambio tiene una duración, la cual establece una relación íntima entre el concepto de proceso y el tiempo.

Si bien existe dicha relación, en la termodinámica clásica, por lo general, no es explicitada, ya que las descripciones del cambio de estado de los sistemas se hacen a través de ecuaciones que relacionan las variables de estado del sistema, *ecuaciones de estado* (Castillo, 2004); en este sentido se puede afirmar que estas descripciones involucran al tiempo de manera implícita, puesto que este no es considerado una variable termodinámica; esto es, el tiempo no es requerido para especificar el estado del sistema, el tiempo no es una variable de estado; aun así, es importante subrayar que aunque la descripción de los procesos termodinámicos no involucra al tiempo como variable, este se encuentra implícitamente involucrado a través del concepto mismo de proceso.

Hasta el momento se ha presentado brevemente cómo el tiempo se involucra implícitamente en las descripciones de la termodinámica clásica a través del concepto de proceso, descripciones que se hacen bajo la suposición de que el cambio de estado de un sistema se experimenta en condiciones de equilibrio, aspecto por el cual las ecuaciones de estado son suficientes para la descripción de los procesos (Ayala, M.; Malagón, F.; Castillo, J. C.; Garzón, M., 2003) sin involucrar el tiempo como variable. Si ahora se considera que la condición que posibilita el cambio de estado es el *desequilibrio*¹², es claro que los procesos se efectúan siempre en condiciones de *desequilibrio* (Plank, 1945; Castillo, 2004), y el cambio de estado que experimenta el sistema, se realizara para restablecer el *equilibrio*¹³ del mismo; una vez restablecido, éste no se *desequilibra* espontáneamente, aspecto que define la *equilibración* como un proceso irreversible (Plank; Groot, 1968), esto es, un

12 Desequilibrio es entendido como no homogeneidad en el estado de un sistema, lo cual se puede expresar como $\nabla\psi(r,t)=F(r,t)$, donde $\psi(r,t)$ es la variable que especifica el estado del sistema (Castillo, 2004).

13 $\nabla\psi(r,t)=0$

proceso que está direccionado. Si bien la ley de conservación de la energía da cuenta de los procesos que son posibles en la naturaleza, no establece la dirección de los mismos, la cual está relacionada con el restablecimiento del equilibrio; la dirección de los procesos está determinada por las restricciones que plantea la segunda ley de la termodinámica (Plank)¹⁴.

Las restricciones a los procesos que supone la segunda ley de la termodinámica establece plenamente una asimetría temporal, esto es, un tiempo direccionado, puesto que este queda involucrado en las descripciones termodinámicas a través del concepto de proceso, y de acuerdo con esta ley, los procesos están direccionados; la segunda ley de la termodinámica es conocida también como la ley que da cuenta del crecimiento irreversible de la entropía (Prigogine, 2001), por lo cual la dirección del tiempo está gobernada por el crecimiento de la entropía. Este aspecto llama la atención sobre el hecho de que el tiempo toma ahora un carácter termodinámico, ya que está relacionado íntimamente con los procesos irreversibles, lo que además de hacerlo un tiempo físico, lo hace direccionado o irreversible, que en el contexto de la termodinámica significa lo mismo (Plank, 1945).

El concepto de evolución en la termodinámica y los procesos irreversibles, es establecido por la dirección de dichos procesos, que a su vez está determinado por el crecimiento de la entropía (Plank, 1945): los procesos que experimenta un sistema lo llevan irreversiblemente hacia su estado más probable, el sistema evoluciona hacia el equilibrio, así, hablar de procesos irreversibles, implica ineludiblemente hablar de evolución (Mashaal, 1995); por ejemplo, la taza de café caliente se enfría espontáneamente hasta llegar a la temperatura ambiente, es decir, el sistema formado por la taza de café y el ambiente evoluciona hacia el equilibrio, pero no es posible que la taza de café se caliente espontáneamente de nuevo desde la temperatura ambiente, de la misma manera que un viejo no se hace joven; estos aspectos muestran claramente que la idea de evolución, ligada a la irreversibilidad, implica una manifestación de la asimetría temporal entre pasado y futuro, es decir, es manifestación de la dirección del tiempo (Prigogine, 1999; Groot, 1968).

Un punto que es importante resaltar, es que considerar el desequilibrio como condición de posibilidad de los procesos implica que las ecuaciones de estado ya no son adecuadas para su descripción, puesto que estas expresan relaciones que se cumplen en condiciones de equilibrio; para el caso de la descripción de procesos irreversibles –que se dan en condiciones de desequilibrio– es necesario involucrar el concepto de flujo y las

14 El calor no puede fluir espontáneamente de un cuerpo frío a un cuerpo caliente (un sistema no aumenta el desequilibrio térmico espontáneamente). También se puede expresar como la Ley del crecimiento de la entropía.

descripciones se harán mediante ecuaciones, como las de conducción, de continuidad y de difusión, relaciones que se expresan mediante ecuaciones diferenciales con respecto al espacio y al tiempo (Castillo, 2004), involucrándose de esta manera el tiempo en la descripción termodinámica de los procesos; cabe señalar que el tiempo en estas ecuaciones aparece como un parámetro, ya que su carácter termodinámico se lo da la idea misma de proceso irreversible.

En síntesis, la termodinámica define el tiempo en relación con el concepto de proceso, aspecto que lo establece como un tiempo físico; además, el concepto de proceso irreversible le imprime al tiempo un carácter termodinámico y le otorga una dirección, una asimetría entre pasado y futuro que, cabe resaltar, no es involucrada en la mecánica, aspecto que genera grandes problemas para las descripciones mecanicistas de los fenómenos termodinámicos (Prigogine, 2001, 1999).

Tiempo y evolución

Como se mencionó en el anterior apartado, el concepto de proceso irreversible, ligado con la dirección del tiempo, lleva a la idea de evolución como concepto que da cuenta del sistema a través del tiempo; esta idea está presente en la termodinámica de los procesos irreversibles además de ser muy importante en las descripciones mecanicistas de los fenómenos termodinámicos (Prigogine, 1999). Si bien la geología no es considerada estrictamente como una teoría física, es propuesta en este escrito puesto que hace uso de una gran cantidad de conceptos de la física, y quizá lo más importante para referenciarla, es que mediante ella es posible poner de manifiesto algunos aspectos que permiten visualizar la conexión que hay entre dirección del tiempo-irreversibilidad-evolución y la constitución de un tiempo histórico en las ciencias naturales, aspecto que se encuentra en la termodinámica de los procesos irreversibles, pero que se puede visualizar con más claridad en la geología.

La geología es una disciplina por excelencia histórica, que pretende dar cuenta de la evolución del planeta. Como se mencionó anteriormente, la evolución implica cambio, procesos irreversibles y, por supuesto, implica tiempo; así, el tiempo es un elemento fundamental del razonamiento y de la investigación en geología.

Uno de los mayores aportes de la geología es haber dado dimensión al tiempo mediante la invención del *tiempo geológico*, el cual se caracteriza por estar referido siempre a grandes escalas y por ser finito, ya que es el

tiempo de la edad de la Tierra (Hervé, 1999), esto es, inicia con la formación del planeta y se terminará con la extinción del mismo. Dentro de la geología se distinguen dos tiempos: el relativo y el absoluto.

Para el estudio de un sector cualquiera de la corteza terrestre, un yacimiento mineral o cualquier otro objeto geológico, una de las tareas centrales es establecer el orden de formación de las rocas, minerales o estructuras componentes de dicho sistema; esta sucesión de orden de formación se expresa como tiempo relativo, el cual establece qué elemento es más antiguo que otro (Hervé, 1999). Para el establecimiento del tiempo relativo son utilizados cuatro métodos de observación directa: superposición¹⁵, inclusión¹⁶, relaciones de corte¹⁷ y sucesión de faunas¹⁸; métodos que permiten determinar cuáles rocas son más antiguas y cuáles más jóvenes.

Fijémonos cómo el tiempo relativo de la geología –al igual que el tiempo relativo de Leibnitz– expresa un orden de sucesión, que en este caso permite establecer la manera como se ha venido formando cierto objeto geológico a partir de indicios –tipos de roca, secuencias de estas, fauna fósil– que se sitúan como datos temporales; así pues, estos datos temporales están ligados con un proceso que les imprime un carácter histórico, esto es, en las formas y objetos geológicos actuales está el rastro de las condiciones pasadas, y hace prever que las formas y objetos geológicos futuros estarán impresos con las condiciones actuales. Es de resaltar el hecho de que los órdenes de sucesión son establecidos de la misma manera que se construye la historia, es decir, interpretando y organizando datos a través de criterios construidos por los historiadores, en este caso los geólogos; los criterios quedan explícitos en los métodos de determinación de la edad de las rocas. También es importante poner de manifiesto que son las estructuras formadas por las rocas, junto con su interpretación, las que permiten establecer una historia de los objetos geológicos como un orden de sucesión.

En síntesis, la idea de evolución ligada al orden de sucesión en la formación de las estructuras geológicas, imprime una asimetría temporal entre pasado y futuro, ya que incluye la historia como parte fundamental de la explicación, entendiéndose aquí la historia como una forma de temporalidad que distingue el pasado del presente y del futuro. La historia es asumida como forma de temporalidad, ya que es en sí un objeto temporal que hace conciencia sobre un devenir de estados, de eventos que se organizan de

15 Una roca depositada sobre otra es más joven que ésta.

16 Si un fragmento de roca se encuentra dentro de otra roca, ésta es más joven.

17 Si el límite de un cuerpo rocoso corta a los límites entre otras rocas, este cuerpo rocoso es más joven que las otras rocas.

18 Las faunas fósiles, ordenadas cronológicamente por diferentes métodos, proporcionan información sobre la edad de las rocas que las contienen.

acuerdo con un orden que presupone la duración de un trecho entre un estado y otro; duración que aparece cuando la historia se hace relato (Husserl, 1928).

Si bien el tiempo relativo de la geología está constituido sobre un orden de sucesión de la formación de los cuerpos rocosos y da cuenta de la evolución de los objetos geológicos, no da cuenta de estos eventos en relación con la evolución misma del planeta. Para ello se requiere del tiempo absoluto, el cual está relacionado con la edad de la Tierra y es un concepto cuantitativo de la duración del tiempo geológico que se extiende desde la formación del planeta, siendo este tiempo quizá la contribución más importante de la geología, pues ha proporcionado al hombre una amplia comprensión de la naturaleza y su lugar en esta, además de estar relacionada con la formulación de teorías como la de la evolución de las especies y la del actualismo (Hervé, 1999). Aunque el concepto de tiempo absoluto de la geología –tiempo de la edad de la Tierra– tiene un sustento muy firme en las ciencias básicas y en la geología misma, la estimación de éste ha estado envuelta en una diversidad de polémicas que se ponen de manifiesto en las distintas formas que se han propuesto para su medida. Miremos algunas de las formas de medición y estimación planteadas.

En 1658 el arzobispo anglicano James Ussher publicó una cronología que permitía estimar la edad del planeta, basada en cierta interpretación de la genealogía bíblica de acuerdo con la cual se estimaba que la Tierra había sido creada en la tarde del 22 de octubre del año 4004 antes de Cristo (Hervé, 1999). El dato estimado por el arzobispo Ussher fue puesto como pie de página en la biblia inglesa editada en 1701, permaneciendo allí hasta 1900. Aunque este dato fue concebido en el contexto de la religión anglicana, se constituyó en el marco temporal que condicionaba las hipótesis catastrofistas y creacionistas que hasta comienzos del siglo XIX se ponían en juego para explicar la sucesión y diversidad de las faunas fósiles que se conocían en las rocas. Es de resaltar que esta forma de dar cuenta del tiempo absoluto establece su carácter de tiempo histórico, ya que su estimación está dada por el relato bíblico, el cual es en sí mismo un relato histórico. Además se debe subrayar que esta determinación de la edad de la tierra no acude a indicio fenomenológico alguno, aspecto que hace que el tiempo absoluto de la geología no sea ni físico ni fenomenológico; esta forma de estimar la edad de la Tierra se puede considerar que tiene un arraigo cultural judeocristiano en el contexto de la religión anglicana del siglo XVII.

La edad para la Tierra propuesta por el arzobispo Ussher, fue puesta en duda por geólogos y físicos en el siglo XVIII y con especial énfasis en la primera mitad del siglo XIX. El geólogo inglés Sir James Hutton, en su *Teoría*

de la Tierra (1758), basado en extensas y rigurosas observaciones geomorfológicas y estratigráficas, llegó a la conclusión de que no es posible determinar un comienzo ni una posible “fecha de finalización” de la Tierra, es decir, no hay indicios de la edad del planeta, no es posible estimar el tiempo absoluto. A pesar de la rigurosidad y la extensión de las observaciones de Sir Hutton, su respuesta causó controversia, lo cual llevó a la invención de métodos para calcular la edad de la Tierra. Estos métodos se basaron en una idea de tiempo físico, es decir, partieron de la base de que para medir el tiempo se requiere conocer un proceso cíclico o progresivo de tasa de variación constante del cual se conozcan los estados inicial y final.

Con el avance obtenido por la termodinámica y la astronomía, en el siglo XIX se desarrollan dos métodos basados en cálculos físicos y astronómicos; estos son el enfriamiento de la Tierra y la física orbital. Además de estos, se crearon dos métodos basados en observaciones de procesos geológicos: la química de los océanos y la acumulación de sedimentos observables en las rocas, produciéndose mediante estas formas una diversidad de resultados (Hervé, 1999).

Es importante destacar que la estimación de la edad de la Tierra, la cual establece el tiempo absoluto mediante los métodos físicos y geológicos, le atribuyen a este tiempo un carácter físico, en el sentido de medirlo en relación con fenómenos físicos; también es importante tener en cuenta que el método del enfriamiento, el de la química de los océanos y el de acumulación de sedimentos, están relacionados con procesos irreversibles, aspecto que establece una relación íntima entre el tiempo absoluto y la idea de evolución, en tanto que el método basado en la física orbital es un tiempo que deviene de una medición sustentada en la idea de regularidad, expresada en la periodicidad de los fenómenos naturales.

En síntesis, se puede afirmar que en el ámbito de la geología se encuentran dos tiempos, el relativo y el absoluto. El tiempo relativo es un tiempo físico, en el sentido en que se establece a partir de la interpretación de datos físicos, estructuras geológicas desde las cuales se instaura un orden de sucesión de condiciones que se revelan en la actualidad; esto le otorga un carácter de tiempo histórico ligado con la evolución. Por otra parte el tiempo absoluto –el de la edad de la Tierra–, el cual es un tiempo finito, inicia con la formación o creación del planeta y finaliza con el fin del mismo, suscita una diversidad de polémicas y genera distintas formas para su estimación y medición, las cuales van desde la interpretación de los relatos bíblicos hasta los métodos termodinámicos y químicos; formas de estimación que lo caracterizan como tiempo histórico al relacionarlo, por un lado, con los relatos de pasados distantes, y por el otro, con los procesos irreversibles.

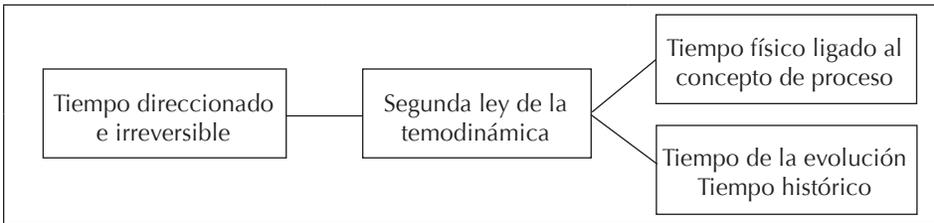
Con el fin de ampliar un poco más las ideas referentes a la relación entre tiempo, irreversibilidad y evolución, se mostrarán algunos aspectos de la *Teoría de la Evolución* de Darwin, que aunque no es una teoría física, está relacionada con la física a través de la idea de irreversibilidad y de evolución, y está vinculada también con la geología a través del tiempo de grandes escalas y de la idea de evolución; por otra parte, para la reflexión del presente documento en relación con el tiempo resulta muy ilustrativa, además de ser una teoría que marca un paradigma en la ciencia occidental moderna.

La teoría de la evolución de Darwin, basada en la idea de adaptación, se aleja de las concepciones provenientes de la tradición judeocristiana (Mojica, L. y Molina, A., 2004) que asumen que en las especies las formas y funciones de sus diversos órganos proceden de un “diseño”; por tomar algún ejemplo, el pico de las águilas tiene forma de gancho, ya que está diseñado para rasgar la carne de sus presas. En contraposición a la idea de diseño, la teoría de la evolución asume que la forma y función que tienen los diversos órganos de las especies provienen de un proceso de adaptación a las diversas condiciones de supervivencia por las que deben atravesar. Así pues, la forma y la función están ligadas con un proceso que imprime un carácter histórico a las especies, esto es, en las formas y funciones actuales está el rastro de las condiciones pasadas, y hace prever que las formas y funciones futuras estarán impresas con las condiciones actuales.

Fijémonos cómo asumir las formas y funciones ligadas a un proceso de adaptación las sitúa como datos temporales, es decir que la evolución es un evento temporal que presupone una duración de los estados, referidos estos a las formas y funciones anteriores y a la duración de los estados actuales, como también a la duración del cambio mismo, ya que un sistema no puede estar en dos estados simultáneamente; así, el cambio de un estado al otro presupone una duración. En este orden de ideas, la mutación que sufre una especie por adaptación está ligada a una duración. Por otra parte, la idea de evolución adaptativa imprime una asimetría temporal entre pasado y futuro, ya que incluye la historia como parte fundamental de la explicación, entendiéndose aquí la historia como una forma de temporalidad que distingue el pasado del presente y del futuro; la historia es asumida como forma de temporalidad, ya que es en sí un objeto temporal que hace conciencia sobre un devenir de estados, de eventos que se organizan de acuerdo con un orden que presupone la duración de un trecho entre un estado y otro; duración que aparece cuando la historia se hace relato (Husserl, 1928), como se había mencionado anteriormente.

Notemos que la temporalidad que aparece deviene de la asunción del proceso que se ancla en las evidencias de pasados distantes que se pueden transformar en relatos¹⁹ que son objetos temporales. Si bien no se experimenta la duración del proceso, se tiene experiencia de la duración de la historia a través de los relatos contruidos con las evidencias de los pasados distantes; aquí los datos fenomenológicos desde los que se constituye la idea del tiempo irreversible de la evolución, no son otra cosa que los relatos contruidos con evidencias de pasados distantes.

Algunos aspectos de la teoría de la evolución de Darwin, enunciados en la anterior síntesis, llaman la atención sobre la íntima relación que se puede establecer entre el tiempo direccionado-irreversible y la idea de tiempo histórico; en este orden de ideas es posible afirmar que el tiempo direccionado de la termodinámica de los procesos irreversibles es también un tiempo histórico. La siguiente gráfica sintetiza las ideas planteadas anteriormente.



El tiempo en las teorías contemporáneas de la física

Los aportes de Faraday y Maxwell consolidaron al electromagnetismo como una teoría fundamental de la física, no solamente porque la formalización que hace Maxwell de los trabajos experimentales y teóricos de Faraday, que queda expresado en las ecuaciones de Maxwell, resultan ser una excelente explicación para los fenómenos electromagnéticos, sino, porque instaura la visión de campos en el seno de las teorías físicas, siendo este contexto teórico el que posibilita el hallazgo, por parte de Hertz, de las ondas electromagnéticas (Berkson, 1981).

Las ondas electromagnéticas u ondas hertzianas, se constituyen en un importante punto de partida de dos de las teorías de la física moderna: la teoría de la relatividad y la mecánica cuántica. Paradójicamente, aunque el nacimiento de las ondas electromagnéticas se da en el seno de la física clásica, son éstas las que llaman la atención sobre las grietas de esta

¹⁹ Relato se asume como cronología, mapas temporales, relatos en el sentido habitual, en general, formas de manifestar el carácter histórico (Husserl, 1928).

cosmovisión; por un lado, el estudio relacionado con el medio de propagación de las ondas electromagnéticas, particularmente de la luz —éter lumínico— y los aspectos relacionados con la electrodinámica de los cuerpos en movimiento, muestran la necesidad de revisar los conceptos de espacio y tiempo de la mecánica de corte newtoniano, revisión que da origen a la teoría de la relatividad (Sánchez, 2007). Por otro lado, el estudio de la interacción radiación-ondas electromagnéticas-materia, pone de manifiesto la necesidad de establecer una teoría que indague sobre el comportamiento de la materia a nivel microscópico, es decir, una teoría de la estructura de la materia. Esta es la mecánica cuántica, teoría que establece un rompimiento importante con los fundamentos epistemológicos de la mecánica clásica (Rueff, 1968), ya que pone de manifiesto la imposibilidad de la objetividad en el conocimiento del mundo físico. Es importante destacar que la importancia de estas teorías no radica solamente en sus hallazgos, sino en la ruptura que éstas representan para la concepción de mundo físico y el conocimiento del mismo. En esta sección se abordarán algunos aspectos relativos al concepto de tiempo en la teoría de la relatividad y la mecánica cuántica.

El tiempo en la teoría de la relatividad

Como se mencionó anteriormente, los trabajos de Faraday —y la posterior formalización que hizo Maxwell de los mismos— establecieron un nuevo paradigma (Kuhn, 1970) en la física, que se concretó con la *Teoría de Campos electromagnéticos* de J. C. Maxwell (Berkson, 1981) y el consiguiente hallazgo de las ondas electromagnéticas por parte de H. Hertz; la teoría electromagnética de campos, al romper con la idea de la acción instantánea y a distancia, e instaurando la concepción de que las acciones se transmiten a través y por medio del espacio, socava las bases mismas de la tradición newtoniana, en el sentido de que sustituye la idea de espacio absoluto e inerte por un espacio físico con propiedades, y que se define en relación con los fenómenos físicos que en él se experimentan.

Por otra parte, el estudio de la electrodinámica abre aun más la brecha con la tradición newtoniana, ya que los fenómenos relativos al comportamiento de los campos eléctrico y magnético, cuando los cuerpos están en movimiento, establece contradicciones entre las leyes del electromagnetismo²⁰ y las de la mecánica de corte newtoniano. En 1905 Einstein, en un artículo publicado en la revista *Annalen der Physik* bajo el título “Acerca de la electrodinámica de los cuerpos en movimiento”, el cual instituye las

20 Ecuaciones de Maxwell.

bases de la Teoría Espacial de la Relatividad, llama la atención sobre el hecho de que reconciliar las contradicciones entre las leyes de la mecánica y las del electromagnetismo requiere de un replanteamiento de los conceptos de espacio y tiempo de la mecánica. Einstein, en el mencionado artículo, afirma que el propósito de la mecánica es relacionar eventos que ocurren en diferentes puntos del espacio y en tiempos diferentes, para lo cual las coordenadas espaciales se expresan como funciones del tiempo; sin embargo, advierte que es inevitable tener en cuenta que una descripción matemática de este tipo carece de significado físico si no se tiene claro lo que es el tiempo (Saavedra, 1999).

La brecha de contradicciones entre las leyes de la mecánica y las del electromagnetismo fue cerrada, en gran medida, por la teoría especial de la relatividad, la cual desecha la idea de tiempo absoluto verdadero y matemático²¹, asumiendo una idea de tiempo relativo, entendido como una forma de relacionar eventos físicos; esto es, el tiempo da cuenta de la organización de acontecimientos mediante una sucesión, en la cual unos eventos anteceden a otros, suceden a otros, o son simultáneos (Einstein, 1922). Particularmente para esta manera de definir el tiempo, la simultaneidad es fundamental puesto que la organización temporal de los eventos físicos deviene de ella: si digo, por ejemplo, que el tren llegó a la estación a las cinco, lo que estoy afirmando es que la llegada del tren a la estación se dio simultáneamente (coincidió) con el evento de que las manecillas del reloj de la estación, marcaban las cinco; aun más, si digo que la llegada del tren a la estación fue simultánea a la llegada de otro tren a una estación distante, es decir, ambos trenes llegaron a su estación respectiva a las cinco, lo que se está afirmando es que ambos trenes llegaron a su estación simultáneamente al evento de que las manecillas del reloj, colocado en cada estación, marcaran las cinco, bajo la condición de que juntos relojes estuviesen sincronizados²².

Ahora bien, en este sentido un evento antecede al otro si la marcación del reloj, simultánea con tal evento, antecede a la marcación simultánea con el otro, bajo la condición de que los relojes estén sincronizados. Otro aspecto importante es que eventos simultáneos en un marco de referencia específico, pueden no serlo vistos desde otro marco de referencia; si, por ejemplo,

21 Matemático en el sentido newtoniano

22 La sincronización de relojes distantes es un procedimiento que se hace tomando en cuenta el intervalo de tiempo que demora en viajar una señal luminosa de un lugar al otro, es decir, es un procedimiento que no se hace de manera directa. Una definición de sincronización equivalente –pero más intuitiva– es la siguiente: decimos que los relojes en A y B están sincronizados si los observadores correspondientes los han puesto en marcha en el momento de recibir una señal luminosa que ha sido encendida en el punto medio de la recta que une los puntos A y B (Saavedra, 1999).

simultáneamente a la llegada de los trenes a sus respectivas estaciones se envía una señal luminosa de cada estación hacia la otra, un observador que se encuentre en reposo respecto a ambas estaciones, a la mitad de la distancia entre ellas, recibirá las dos señales simultáneamente, con lo cual deducirá que la llegada de los trenes a las estaciones respectivas fue simultánea, ya que la distancia entre el observador y la primera estación es igual a la distancia entre éste y la segunda estación, con lo cual el tiempo que demora en llegar la señal luminosa de la primera estación al observador, es el mismo que demora en llegar la señal proveniente de la segunda.

Si otro observador que se mueve de la primera estación a la segunda, pasa por la mitad de la distancia entre las estaciones recibiendo las señales luminosas provenientes de éstas, este segundo observador podrá deducir que la señal proveniente de la primera estación fue enviada después de la proveniente de la segunda estación, puesto que la velocidad de la luz, aunque es muy grande, no es infinita, con lo cual concluirá que la llegada del tren a la segunda estación antecede a la llegada del otro tren a la primera estación; siendo así tales eventos, desde su marco de referencia, no son simultáneos.

Es importante señalar dos aspectos fundamentales de la manera como se define el tiempo en la teoría espacial de la relatividad; un primer aspecto es que hablar de tiempo implica necesariamente referirse a la simultaneidad de eventos físicos, lo que sitúa al tiempo categorialmente como tiempo físico; y el segundo, es que se habla del tiempo como aquello que miden los relojes, como Einstein mismo la afirma:

El tiempo de un suceso es el dado simultáneamente con el suceso por un reloj estacionario ubicado en el lugar del suceso; este reloj debe estar sincronizado con un reloj estacionario especificado. ¡El tiempo es, ni más ni menos, lo que mide un reloj! (Eistein, 1922).

En este sentido, el tiempo está relacionado con una métrica que establece un orden de sucesión de eventos, el cual no expresa una relación causal entre los mismo, ya que el orden de sucesión depende de los marcos de referencia, aspecto por el cual la idea de simultaneidad es indispensable para definir el tiempo (Saavedra, 1999). Por otra parte, fijémonos cómo esta teoría no indaga ni establece existencia de un tiempo objetivo, sino simplemente asocia el tiempo con una organización de eventos físicos, que no es manifestación de naturaleza alguna de un tiempo objetivo, sino que es, en sí misma, el tiempo; en este orden de ideas, el tiempo de la relatividad es fenomenológico, en el sentido en que deviene de la experiencia y de la conciencia del individuo, experiencia y conciencia de la simultaneidad o sucesión de eventos.

Es importante llamar la atención sobre el papel fundamental que juega la invariancia de la velocidad de la luz²³ en la definición de tiempo en la teoría especial de la relatividad, ya que la sincronización de relojes distantes se hace mediante señales luminosas, al igual que la determinación de la simultaneidad de eventos que se dan en diferentes lugares (Saavedra, 1999). Pero la invariancia de la velocidad de la luz tiene una implicación importante sobre la medida del tiempo: la *dilatación del tiempo*. Supóngase un reloj ubicado en un marco de referencia que se mueve en una línea recta respecto a otro, en el cual hay un conjunto de relojes estacionarios idénticos y sincronizados entre sí; la teoría de la relatividad demuestra que todo intervalo de tiempo medido en el primer reloj, corresponde a un intervalo de tiempo mayor medido en los relojes estacionarios. Es importante resaltar que son los observadores en reposo respecto del conjunto de relojes estacionarios, los que miden un intervalo de tiempo siempre mayor que el intervalo de tiempo correspondiente medido por el reloj en movimiento. De ahí el nombre de dilatación del tiempo.

Ahora bien, la relatividad del tiempo y la invariancia de la velocidad de la luz implican que el espacio, al igual que el tiempo, sea relativo, puesto que, en la medición que hacen los observadores en reposo respecto del conjunto de relojes estacionarios, no solamente el tiempo se dilata, sino también las longitudes se contraen²⁴. Este último hecho tiene consecuencias trascendentales sobre los conceptos de espacio y tiempo, ya que no es posible separarlos, como se hace en la mecánica de corte newtoniano, sino que se constituyen en un solo concepto, el *espacio-tiempo*, como lo planteara Minkowski²⁵ en el discurso de inauguración de la reunión número 80 de la Asamblea general alemana de científicos naturales y físicos realizada el 21 de septiembre de 1908:

Las ideas sobre el espacio y el tiempo que deseo mostrarles hoy descansan en el suelo firme de la física experimental, en la cual yace su fuerza. Son ideas radicales. Por lo tanto, el espacio y el tiempo por separado están destinados a desvanecerse entre las sombras y tan solo una unión de ambos puede representar la realidad (Minkowski, 1908).

23 La invariancia de la velocidad de la luz consiste en que ésta es independiente del marco de referencia, es decir que el valor de la velocidad de la luz es el mismo en todos los marcos de referencia; esta afirmación es uno de los dos postulados de la Teoría de la Relatividad.

24 La medición de longitudes, al igual que la medición del tiempo, se hace basándose en eventos simultáneos.

25 Hermann Minkowski. 1864-1909. Matemático alemán de origen judío que desarrolló la teoría geométrica de los números. Sus trabajos más destacados fueron realizados en las áreas de la teoría de números, la física matemática y la teoría de la relatividad.

Es de notarse que la teoría de la relatividad, al establecer el concepto de espacio-tiempo, rompe la independencia de estos dos conceptos, con lo cual el tiempo pierde su identidad y se integra con el espacio como una coordenada del espacio-tiempo.

A manera de síntesis se puede decir que el tiempo en la teoría de la relatividad es definido como aquello que miden los relojes, medida que es relativa a los marcos de referencia; el tiempo como medida carece de carácter ontológico, no es una entidad física para situarse como un tiempo físico, un tiempo relativo a los fenómenos físicos. El tiempo como medida está basado en la simultaneidad y en la sincronización, ideas en las cuales la invariancia de la velocidad de la luz juega un papel fundamental; además, esta invariancia no solo afecta la medida del tiempo sino también la del espacio, aspecto que unifica estos dos conceptos como espacio-tiempo, haciendo que no se pueda pensar el tiempo independiente del espacio.

El tiempo en la mecánica cuántica

La mecánica cuántica es otra de las teorías de la física moderna, basada en dos principios fundamentales: el de complementariedad y el de incertidumbre. Pone de manifiesto que el conocimiento deviene de la organización que el sujeto hace de la experiencia, la cual se realiza mediante los modelos que tiene para hacer inteligible el mundo físico (Rueff, 1968). En este sentido, gran parte de la indagación de esta teoría son estos modelos, aspecto que la aproxima ampliamente a la epistemología. El mundo físico que es puesto en juego en la mecánica cuántica, está especialmente relacionado con la explicación a los fenómenos referidos a la interacción materia-energía, de los cuales la experiencia que se tiene son los espectros electromagnéticos, y para dar cuenta de éstos se acude a modelos de estructura de la materia²⁶.

En 1927 Heisenberg estableció una nueva e importante ley que rige los fenómenos físicos: el principio de incertidumbre. Este principio expresa la imposibilidad de conocer un sistema físico, ya que toda observación del mismo implica perturbarlo; ese puede expresar así: es imposible medir simultáneamente y con absoluta precisión la posición en el espacio y la cantidad de movimiento²⁷ de una partícula atómica, por ejemplo de un electrón; es decir, es imposible dar cuenta del estado mecánico del sistema.

26 En general son modelos espacio-temporales.

27 La cantidad de movimiento o *momentum* de un cuerpo es el producto de su masa por la velocidad.

Así, si q representa la coordenada que mide la posición de una partícula y p la cantidad de movimiento correspondiente, entonces, de acuerdo con el principio de incertidumbre, estas variables solo pueden conocerse con imprecisiones, Dq y Dp respectivamente, de tal manera que si se reducen estas imprecisiones al mínimo valor posible, el producto de ambas queda determinado por el valor numérico de una constante universal, esta es la constante h , que recibe el nombre de constante de Planck, la cual expresa la perturbación inherente a la observación. Así se cumple que:

$$Dq \cdot Dp = h$$

La constante de Planck resulta ser un número extraordinariamente pequeño, sin embargo juega en la mecánica cuántica un papel semejante al desempeñado por la velocidad de la luz, en el sentido en que ambas establecen límites a nuestro conocimiento posible de la naturaleza. Supóngase, por ejemplo, que se desea conocer con absoluta precisión la posición de un electrón, lo cual implica la posibilidad de diseñar un experimento que permita hacer esta medición, es decir, medir la coordenada q con una imprecisión Dq nula, es decir, $Dq = 0$. Pero entonces, en virtud del principio de incertidumbre, se pierde automáticamente toda información acerca de su cantidad de movimiento, ya que para satisfacer la ecuación en esas condiciones es necesario que Dp se haga infinito para poder obtener la constante de Planck; así pues, conocer una cantidad con imprecisión infinita es equivalente a no conocerla. De acuerdo con este principio, la medición exacta de una variable implica perder toda información de la otra; así, es privilegio del observador elegir qué variable desea conocer con certeza absoluta, pero esta elección es siempre doble: elige qué conocer, pero al mismo tiempo elige qué no conocer. Así la incertidumbre implica un conocimiento limitado del mundo físico. Dicha limitación es, en sí misma, una ruptura epistemológica con la física clásica, en el sentido en que rompe con el determinismo característico de la mecánica clásica, teniendo como efecto que no haya determinismo en las descripciones de la mecánica cuántica (Dirac, 1930), aspecto que hace necesario incluir la probabilidad, cuya consecuencia es el carácter probabilístico de las descripciones de la mecánica cuántica. Es importante poner de manifiesto que la incertidumbre no se refiere a una condición de la naturaleza, sino a una condición del conocimiento humano, aspecto que expresa el carácter epistemológico de las relaciones de incertidumbre.

Dentro de las relaciones de incertidumbre se encuentra la que introduce la energía del sistema en un tiempo determinado, $DE Dt = h$. En este caso, el Dt no hace referencia a la incertidumbre de la medición del tiempo, lo cual no daría información acerca del estado del sistema, puesto que el tiempo

no es una variable de estado, sino que está relacionado con la evolución del sistema; es decir, para una dispersión DE de energía, el tiempo Dt es un tiempo que mide el ritmo de evolución del propio sistema, y que es característico del mismo. Como ya se señaló, en la mecánica cuántica no hay determinismo en el sentido clásico, y lo que se predice es la probabilidad de que la medición de una cualidad observable del sistema dé como resultado alguno de los valores posibles de la variable de estado, los cuales están dentro de un conjunto que caracteriza la propiedad observada²⁸. La distribución estadística de resultados probables en general varía con el tiempo; así, el Dt que aparece en la relación de incertidumbre da cuenta del tiempo requerido para que esta distribución se encuentre notablemente modificada, es decir, el tiempo en que la evolución ha modificado el sistema mismo.

Nótese que en el caso de la mecánica cuántica, el tiempo está ligado a la evolución del sistema, la cual es entendida en términos de variación de la distribución estadística del conjunto de los estados posibles de un sistema, aspecto que implica que la información que se pueda obtener al observar un sistema varía en las diferentes observaciones que se hagan. Además, en cada observación se obtiene una única distribución, es decir, cada medición da cuenta de un estado, en el que queda el sistema después de ser observado. En este contexto, la idea de evolución del sistema es una forma de organización que hace el sujeto, de las diferentes observaciones que pueda realizar del sistema; esto es, organiza los estados del sistema en una secuencia, que no expresa un orden de sucesión causal²⁹, sino la organización misma que hace el sujeto de la experiencia –referida esta a la interacción entre sujeto y objeto–. Así, la evolución del sistema como forma de organización de la experiencia, se instaura al tiempo como una estrategia adoptada por el sujeto para hacer inteligible en mundo físico, aspecto por el cual el tiempo adquiere un carácter epistemológico en la mecánica cuántica.

Es importante resaltar que los conceptos de estado y evolución presentes en la mecánica cuántica son diferentes a los de la física clásica, no en su significado³⁰, sino en que mientras para la física clásica el estado es un aspecto que caracteriza al sistema físico observado, es decir, lo identifica en cuanto a los cambios que puede experimentar, y la evolución identifica la manera como se dan los cambios del sistema, en mecánica cuántica estos dos conceptos son expresión de la estrategia de organización de la experiencia que tiene el sujeto; esto significa que son una muestra de la

28 El conjunto de valores propios de la variable de estado.

29 Causal en el sentido clásico.

30 Estado. Forma de estar de un sistema en relación con una cualidad. Evolución. Proceso de cambio irreversible del estado del sistema.

manera como el sujeto conoce, por lo cual su carácter es epistemológico. El siguiente esquema recoge algunas de las ideas expuestas anteriormente.

Algunas consideraciones finales

El recorrido que se hizo por las distintas teorías de la física –y algunas otras que tienen relación con ésta– permite hacer una síntesis de las concepciones acerca del tiempo que se encuentran en la física; también hace posible ver cómo el tiempo desempeña diferentes papeles en las teorías, además de encontrarse una diversidad de conceptos para el mismo. Esta reflexión muestra cómo el tiempo se encuentra en el núcleo de las teorías como un concepto estructurante de las mismas, aspecto que puede ser entendido como la muestra de la obviedad del tiempo en la vida humana, pero que a su vez revela paradójicamente la complejidad que reviste tratar de comprenderlo plenamente, como afirmaba San Agustín, de quien se dice fue el primero en experimentar las dificultades de la pregunta por el tiempo: *“el tiempo nos es de sobra conocido mientras nadie decida poner a prueba nuestra comprensión de él”* (Husserl, 1928); más aun, la filosofía contemporánea le da una especial relevancia a la noción de tiempo, de igual manera que las teorías científicas actuales no se abstraen de la preocupación de asirlo y de por fin desentrañarlo.

Por otra parte, la diversidad de conceptos de tiempo que se encuentra en las teorías de la física, puede ser entendida también como una diversidad categorial, ya que estos conceptos permiten categorizar el tiempo de maneras diversas así: el tiempo absoluto de la mecánica newtoniana como un tiempo ontológico, en el sentido de ser una entidad del mundo físico; el tiempo relativo de la mecánica newtoniana, un tiempo físico relativo al movimiento, particularmente a los movimientos cíclicos de los planetas, que lo liga a una métrica; igualmente el tiempo de la teoría de la relatividad es un tiempo físico, en el sentido de ser el tiempo de los eventos que se manifiesta en lo que miden los relojes, inseparable del espacio, que a su vez es también físico; el tiempo físico de los procesos termodinámicos, que se constituye en un tiempo histórico en el momento en que se le atribuye dirección y se le da el carácter de irreversible, aspecto que lo vincula con la idea de evolución; y por último, el tiempo de carácter epistemológico de la mecánica cuántica, vinculado a las formas de organización de la experiencia de los sujetos.

Esta diversidad de conceptos y categorías acerca del tiempo, que se evidencia en las diferentes teorías de la física, muestra el carácter polisémico del mismo, ya que su significado está en estrecha relación con los contextos

teóricos en los cuales se encuentra, sin dejar de lado el hecho de que las teorías están ancladas en un contexto de significación más amplio que está dado por las condiciones históricas y culturales que posibilitaron la constitución de las mismas, su difusión y validación. Este último punto llama la atención sobre la relación entre tiempo y cultura, de la cual las ciencias naturales no se pueden escapar por el carácter cultural de las ciencias (Elkana, 1983; Castillo, 2008).

La revisión que se hizo acerca del concepto de tiempo en las teorías de la física –y en otras teorías que pueden ser relacionadas con ésta– no solamente pone de manifiesto la complejidad de la pregunta por el tiempo, complejidad que sigue presente aunque se reduzca el ámbito de indagación a algunas de las teorías de la física. La reflexión que se hace alrededor del tiempo en la física, llama la atención sobre la importancia de no dejar de lado la discusión acerca del tiempo en la enseñanza de las ciencias en general, y de la física en particular, ya que por no haber un único concepto y forma de categorizar el tiempo en las ciencias naturales, se hace necesario abordarlo como temática de estudio con el fin de ampliar la comprensión de las teorías y establecer un **diálogo más significativo de éstas con los problemas de enseñanza** que son abordados en la clase de ciencias.

Por último, la revisión hecha en relación con el concepto de tiempo en la física, pone de manifiesto el carácter polisémico del tiempo en las ciencias, como se había mencionado, aspecto que puede ser una muestra de la polisemia del concepto en sí; sus múltiples significados y formas de categorización –no solo en las ciencias– varían de acuerdo con los contextos culturales (Ricoeur, P.; Larre, C.; Panikkar, R.; Kagame, A.; Lloyd, G.; Neher, A.; Pattaro, G.; Gardet, L.; Gouveritch, A., 1975), siendo esto un elemento que llama aun más la atención sobre la importancia de su abordaje en las clases de ciencias, las cuales pueden ser consideradas un espacio de encuentro de individuos que tienen diferencias culturales, dentro de las cuales la idea de tiempo puede constituirse en una de ellas; o sencillamente la o las ideas de tiempo de los estudiantes pueden no estar en resonancia con las de las ciencias, por lo cual abordar y explicitar los múltiples conceptos de tiempo es de vital importancia para la enseñanza de las ciencias como actividad de construcción de significados en relación con el mundo natural.

Bibliografía

- Ayala, M.; Malagón, F.; Castillo, J. C. y Garzón, M. (2003). *La elasticidad y la perspectiva de estados*. Anales VIII Conferencia Interamericana sobre Educación en la Física. Habana: Universidad de la Habana.
- Bachelard, G. (1999). *La intuición del instante*. México: Fondo de Cultura Económica.
- Berkson, W. (1981). *Las teorías de los campos de fuerza desde Faraday hasta Einstein*. Madrid: Alianza.
- Bruner, J. (1993). *Derecha e izquierda: dos maneras distintas de activar la imaginación*. Madrid, España: Alianza.
- Castillo, J. C. (2004). *El concepto de corriente y la perspectiva dinámica*. Bogotá: Universidad Pedagógica Nacional. Facultad de Ciencia y Tecnología. Departamento de física.
- _____ (2009). *La historia de las ciencias y la formación de maestros: la recontextualización de saberes como herramienta para la enseñanza de las ciencias*. Nodos y Nudos (25), 73.
- _____ (2006). *Sobre la relación mecánica electromagnetismo (De los fenómenos mecánicos al mecanismo)*. Bogotá: Universidad Pedagógica Nacional. Departamento de Física.
- Cohen, B. (1983). *La revolución newtoniana y la transformación de las ideas científicas*. Madrid, España: Alianza.
- Dirac, P. (1930). *Principios de mecánica cuántica*. Barcelona, España: Ediciones Ariel.
- Eistein, A. (1922). *Sobre la teoría especial y la teoría general de la relatividad. El significado de Relatividad*. Madrid España: Planeta Agostini.
- Elkana, Y. (1983). La ciencia como sistema cultural: Una aproximación antropológica. En: *Boletín Sociedad Colombiana de Epistemología*, 65-80.
- Force, J. E. y Popkin, R. H. (1999). *Newton and religion. Context and influence*. Netherlands: Kluwer Academic Publishers.
- Friedman, M. (1983). *Fundamentos de las teorías del espacio-tiempo*. L. Bou (Trad.). Madrid: Alianza.
- Geertz, C. (1992). *La interpretación de las culturas*. Barcelona, España: Gedisa.

- Groot, S. R. (1968). *Termodinámica de los procesos irreversibles*. Madrid, España: Alambra, S. A.
- Gutiérrez, C. (2006). La flecha del tiempo. En: *Ciencia ergo sum*, 13 (3), 246-252.
- Heidegger, M. (1995). *El concepto de tiempo*. Madrid: Mínima trota.
- _____ (1927). *El ser y el tiempo*. México-Madrid-Buenos aires: Fondo de Cultura Económica.
- Hertz, H. (1899). *Los principios de la mecánica*. New York: Dover Publications.
- Hervé, F. (1999). Estudios [El tiempo en un geólogo]. En: *Anales de la Universidad de Chile*, Sexta serie (9).
- Husserl, E. (1928). *Lecciones de fenomenología de la conciencia interna del tiempo*. Madrid: Trotta.
- Kant, I. (1781). *Crítica de la razón pura*. P. Rivas (Trad.). Madrid: Alfaguara.
- Kuhn, T. (1970). *La estructura de las revoluciones científicas*. México: Fondo de Cultura Económica.
- Loemker, L. (1956). *Leibniz, G. W., Philosophical Papers and Letters*. Boston: D. Reidel Publishing Co.
- Mach, E. (1949). *Desarrollo histórico-crítico de la mecánica*. Buenos Aires: Espasa.
- Martins, A. (2004). *Concepcoes de estudantes acerca do conceito do tempo: uma análise á luz da epistemologia de Gaston Bachelard*. Sao Paulo, Brasil: U. d. Educacao, Ed.).
- Martins, A. F. P. y Pacca, J. L. A. (2005). *Crian do um "Instrumento teórico" para análise de concepcoes a cerca do tempo, a partir da epistemologia de gaston Bachelard*. Sao Paulo, Brasil: Departamento de Educação, Centro de Ciências Sociais Aplicadas, UFRN.
- Martins, A. F. P. y Zanetic, J. (2002). **O Tempo na mecânica: de coadjuvante a protagonista**. En: *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, 2 (19), 149-175.
- Mashaal, M. (1995). El tiempo en física. En: *Mundo Científico*, 14 (143).
- Minkowski, H. (1908). Discurso inaugural de la 80ª Reunión de la Asamblea general Alemana de científicos naturales y físicos.
- Mojica, L. y Molina, A. (2004). Las teorías de la evolución en los textos escolares: análisis crítico histórico-epistemológico de Philipp Mathy. En: *Cuadernos de investigación*, 69-91.

- Molina, A. (2004). Investigaciones acerca de la enseñanza, el aprendizaje y los textos escolares en la evolución de la vida: enfoques culturales. En: *Cuadernos de investigación*, 9-31.
- Newton, I. (1687). *Principios matemáticos de la filosofía natural*. Barcelona, España: Alianza.
- Olaya, S. (2007). *Memorias IV Coloquio latinoamericano de fenomenología "Fundadores de la Fenomenología"*. Bogotá: Universidad Pedagógica Nacional.
- Orellana, O. (2003). El tiempo como el orden subyacente e implicado en el espacio y el lenguaje. Una reflexión desde Zubiri y las ciencias. En: *Cuaderno del seminario 3*. Chile: Universidad Técnica Federico Santa María Chile 89.
- Panza, M. (2002). Newton et les origines de l'analyse: 1664-1666. En: *Hyper Articles en Ligne*. Disponible en: <http://tel.archives-ouvertes.fr/docs/00/11/67/44/PDF/MsPr.pdf>, 1 (27).
- Pedrerros, R. y Castillo, J. C. (2007). La organización de los fenómenos térmicos. Módulo de trabajo. Bogotá: Universidad Pedagógica Nacional. Facultad de ciencia y Tecnología. Departamento de Física.
- Piaget, J. y García, R. (1982). *Psicogénesis e historia de las ciencias*. México: Siglo XXI Editores.
- Plank, M. (1945). *Treatise on thermodynamics*. New York, USA: Dover.
- Prigogine, I. (2001). *El fin de las certidumbres*. España: Taurus.
- _____ (1999). *Las leyes del caos*. Barcelona: Crítica.
- Rada, E. (1980). *La polémica Leibnitz-Clarke*. Madrid: Taurus.
- Reichenbach, H. (1956). *The direction of time*. Berkeley: University of California Press.
- _____ (1958). *The philosophy of space and time*. New York: Dover.
- Ricoeur, P.; Larre, C.; Panikkar, R.; Kagame, A.; Lloyd, G.; Neher, A.; Pattaro, G.; Gardet, L. y Gouveritch, A. (1975). *Las culturas y el tiempo. Estudios resumidos para Unesco*. Sao Paulo: Vozes, Editorial de la Universidad de Sao Paulo.
- Rivarola, J. (1994). *La no existencia física del tiempo: revelación de un enigma milenario*. Asunción: Imprenta salesiana.
- Rueff, J. (1968). *Visión cuántica del universo*. Madrid, España: Guadarrama.
- Saavedra, I. (1999). El tiempo en la física. En: *Annales de la Universidad de Chile*.

- Salazar, J. (2009). *Jerome Bruner: mente conocimiento y cultura*. Medellín: Universidad de Antioquía. Instituto de Filosofía.
- Sánchez, J. M. (2007). Einstein y la filosofía del siglo XX. En: *ARBOR Ciencia, pensamiento y Cultura*. Disponible en: arbor.revistas.csic.es/index.php/arbor/article/download/147/147
- Wheeler, J. A. (1990). *Un viaje por la gravedad y el espacio-tiempo*. Madrid: Alianza.
- Whitrow, G. (1993). *O Tempo na história: concepções do tempo da pré-história aos nossos dias*. Rio de Janeiro: Jorge Zahar Editor, 2005 (tradução da 1a. edição inglesa, *What is time? The classic account of the nature of time*, Oxford University Press, de 1972).

María Cristina Cifuentes Arcila

Es profesora del Departamento de Física de la Universidad Pedagógica Nacional de Colombia. Obtuvo el grado de Licenciada en Física de la misma Universidad, y sus grados de Magister y Especialista en Ciencias Físicas son de la Universidad Nacional de Colombia.

Actualmente se encuentra cursando el Doctorado Interinstitucional en Educación en la Universidad del Valle.

El capítulo que nos presenta en este libro hace parte de los avances en su tesis doctoral titulada *Estudio narrativo de los conocimientos prácticos: el caso de una profesora de física, en formación inicial, durante su prácticum*.

Juan Carlos Castillo Ayala

183

Actualmente es doctorando en el Doctorado Interinstitucional en Educación sede Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Adscrito al Énfasis de Enseñanza de las Ciencias.

Es Magister en Docencia de La Física de la Universidad Pedagógica Nacional-UPN. También es Licenciado en Física de la misma universidad.

Actualmente se desempeña como profesor de planta de la Facultad de ciencia y tecnología en el Departamento de Física de la Universidad Pedagógica Nacional-UPN.

Rosa Inés Pedreros Martínez

Licenciada en Física de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Magister en Docencia de la Física de la Universidad Pedagógica Nacional-UPN. Es Doctoranda del Doctorado Interinstitucional en Educación sede Universidad Distrital Francisco José de Caldas; adscrita al Énfasis de Enseñanza de las Ciencias.

Actualmente es docente de planta de la Universidad Pedagógica Nacional-UPN.

Jaime Duván Reyes Roncancio

Profesor Asociado de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas en las áreas de física y enseñanza de la física. Investigador en el Campo del Pensamiento y el Conocimiento del Profesor, así como en el ámbito de desarrollos didácticos asociados a la enseñanza de la Física en diferentes niveles educativos.

Es asesor y co-investigador en proyectos de investigación sobre el conocimiento de los profesores. Licenciado en Física de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Magíster en Docencia de la Física Universidad Pedagógica Nacional. Estudiante del Doctorado Interinstitucional en Educación, sede Universidad Distrital Francisco José de Caldas.

Andrés Arturo Venegas Segura

El profesor Venegas es Antropólogo de la Universidad Nacional de Colombia, sede Bogotá. Licenciado en Física de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Es Especialista en Bioingeniería de la misma Universidad.

Actualmente es doctorando del Doctorado Interinstitucional en Educación, sede Universidad Distrital Francisco José de Caldas, con el proyecto de tesis doctoral *Idea de Naturaleza de niños y niñas: Interrelaciones entre las concepciones étnicas y las visiones que promueve la clase de ciencias*.

Perspectivas epistemológicas, culturales y didácticas en educación en ciencias y la formación de profesores: avances de investigación / Jaime Duvan Reyes Roncancio... [et al.]. -- Bogotá: Universidad Distrital Francisco José de Caldas, 2012.

215 p.; cm.

ISBN 978-958-8782-08-9

1. Educación 2. Filosofía de la educación 3. Ciencias - Enseñanza
4. Capacitación docente 5. Formación profesional de maestros I.
Reyes Roncancio, Jaime Duvan.

371.3 cd 21 ed.

A1357973

CEP-Banco de la República-Biblioteca Luis Ángel Arango



UFE
Editorial



FACULTAD DE CIENCIAS Y EDUCACIÓN
UNIVERSIDAD DISTRITAL

Este libro reúne avances de varias tesis doctorales del Énfasis de Educación en Ciencias de las Universidades Distrital y del Valle, del Doctorado Interinstitucional en Educación, DIE. Los autores se desempeñan como docentes universitarios: María Cristina Cifuentes, Rosa Inés Pedreros y Juan Carlos Castillo son profesores de la Universidad Pedagógica Nacional, y Jaime Duvan Reyes y Andrés Arturo Venegas son profesores de la Universidad Distrital. Las problemáticas tratadas se dirigen, en los dos primeros capítulos, esencialmente a profundizar sobre el conocimiento del profesor y las implicaciones en su formación, y en los tres últimos, se tratan las nociones de naturaleza y los conceptos de equilibrio y tiempo, importantes para la formación en ciencias, y se analizan desde el punto de vista epistemológico y antropológico para avanzar en la discusión y estudio de las relaciones entre diversidad cultural y enseñanza de las ciencias.

