

Énfasis

INVESTIGACIÓN Y FORMACIÓN DE PROFESORES DE CIENCIAS: DIÁLOGOS DE PERSPECTIVAS LATINOAMERICANAS

Editora

Adela Molina Andrade

Autores

William Manuel Mora Penagos

Carlos Javier Mosquera Suárez

Jair Zapata Peña

Graciela Utges

Gonzalo Peñaloza Jiménez

Carmen Alicia Martínez Rivera

Soledad Andrea Castillo Trittini

Alice Casimiro Lopes

Guillermo Fonseca Amaya

Adriana Patricia Gallego Torres

Johanna Camacho González

Vladimir Ballesteros Ballesteros

Jorge Enrique Salamanca Céspedes

Adela Molina Andrade

Diego F. Valderrama-Pérez

Charbel N. El-Hani

Rosa Inés Pedreros Martínez

Andrés Arturo Venegas Segura

Álvaro García Martínez

Henry Giovany Cabrera Castillo

Andrea Aristizábal Fúquene



UNIVERSIDAD DISTRITAL
FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS





Énfasis

*Investigación y formación de profesores de ciencias:
Diálogos de perspectivas latinoamericanas*



**UNIVERSIDAD DISTRITAL
FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS**

Énfasis

Libros de los énfasis del Doctorado

Interinstitucional en Educación

Investigación y formación de profesores de ciencias: Diálogos de perspectivas latinoamericanas

Adela Molina Andrade

Editora

William Manuel Mora Penagos

Carlos Javier Mosquera Suárez

Jair Zapata Peña

Graciela Utges

Gonzalo Peñaloza Jiménez

Carmen Alicia Martínez Rivera

Soledad Andrea Castillo Trittini

Alice Casimiro Lopes

Guillermo Fonseca Amaya

Adriana Patricia Gallego Torres

Johanna Camacho González

Vladimir Ballesteros Ballesteros

Jorge Enrique Salamanca Céspedes

Adela Molina Andrade

Diego F. Valderrama-Pérez

Charbel N. El-Hani

Rosa Inés Pedreros Martínez

Andrés Arturo Venegas Segura

Álvaro García Martínez

Henry Giovany Cabrera Castillo

Andrea Aristizábal Fúquene

Universidad Distrital Francisco José de Caldas

Bogotá, Colombia – 2020

© Universidad Distrital Francisco José de Caldas

Primera Edición 2020

ISBN Impreso: 978-958-787-186-9

ISBN Digital: 978-958-787-187-6

Sección de publicaciones

Universidad Distrital Francisco José de Caldas

www.udistrital.edu.co

Carrera 24 No. 34 - 37

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

publicaciones@udistrital.edu.co

Preparación editorial

Doctorado Interinstitucional en Educación

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

Sede Universidad Distrital Francisco José de Caldas

www.udistrital.edu.co

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

Asistente editorial

Elban Gerardo Roa Díaz

eventosdie@udistrital.edu.co

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

Corrección de estilo, diseño, diagramación e impresión

Fundación Común Presencia

Esta edición 2020 y sus características son propiedad de la Universidad Distrital José Francisco Caldas, por lo que queda prohibida la reproducción total o parcial por cualquier medio, sin la autorización previa por escrito de los editores.

Impreso en Bogotá, Colombia, 2020

Mora Penagos, William Manuel.

Investigación y formación de profesores de ciencias : diálogos de perspectivas latinoamericanas / William Manuel Mora Penagos, Jair Zapata Peña. -- Bogotá : Universidad Distrital Francisco José de Caldas, 2020.

312 páginas ; 24 cm. -- (Colección Doctorado)

ISBN 978-958-787-186-9

1. Ciencias sociales - Profesores 2.Epistemología social - Ciencias Sociales 3. Investigación - Profesores - Ciencias Sociales

4. Formación docente. I. Zapata Peña, Jair, autor. II. Tít. III. Serie.

370 cd 22 ed.

A1660721

CEP-Banco de la República-Biblioteca Luis Ángel Arango

UD
Editorial

Este libro fue sometido a un proceso de evaluación por pares.



**UNIVERSIDAD DISTRITAL
FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS**

Comité Editorial CADE

Harold Andrés Castañeda-Peña
Presidente CADE

Adela Molina Andrade

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

Juan Carlos Amador Baquiro

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

Rodolfo Vergel Causado

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

Diego Hernán Arias Gómez

*Representante del grupo de investigación:
Formación de Educadores, Emilio, Educación
y Cultura Política, del Énfasis de Historia de la
Educación, Pedagogía y Educación Comparada*

Pilar Méndez Rivera

*Representante de los grupos de investigación:
Aprendizaje y Sociedad de la Información y
Formación de Educadores, del Énfasis en
ELT Education*

Universidad Distrital Francisco José de Caldas

Ricardo García Duarte
Rector

William Fernando Castrillón Cardona
Vicerrector Académico

Comité Editorial Interinstitucional-CAIDE

Henry Giovany Cabrera Castillo
Director Nacional

Augusto Maximiliano Prada Dussán
Director DIE
Universidad Pedagógica Nacional

Harold Andrés Castañeda-Peña
Director DIE
Universidad Distrital Francisco José de Caldas

Henry Giovany Cabrera Castillo
Director DIE
Universidad del Valle



Índice de Contenido

Presentación	13
1. Las epistemologías del sur y la relación sostenibilidad/ sustentabilidad en la construcción conceptual de una línea de investigación didáctica sobre justicia socioambiental	21
1.1 Crisis, cambio de época y posmodernidad	21
1.2 Ciencia posnormal, epistemologías del sur y filosofía andina	22
1.3 Laudato si y cambio de paradigma civilizatorio	25
1.4 Sostenibilidad/Sustentabilidad: una relación educativa	26
1.5 La necesidad de una educación holística, crítica y compleja	37
1.6 Articulación entre EC y la EA	38
1.6.1 Componentes ético, político y cultural en la “educación científico-ambiental”	40
1.7 Formación ambiental del profesorado de ciencias	42
1.8 A manera de conclusión	43
1.9 Bibliografía	44
2. Soporte teórico de un programa de formación de profesores para la generación de cambio didáctico	55
2.1 Introducción	55
2.2. La historia y filosofía de las ciencias en la enseñanza de las ciencias	56
2.2.1 Inclusión de la HFC en la enseñanza de las ciencias	58
2.2.2 La HFC y su relación con el currículo	61
2.3 Enseñanza de las ciencias en el contexto CTS	63
2.3.1 El movimiento CTS	63
2.3.2 Relaciones CTS en el contexto de la enseñanza de las ciencias	65
2.4 Formación de profesores y cambio didáctico	67
2.4.1 Cambio didáctico para la formación continuada de docentes	75
2.5 A manera de conclusión	77
2.6 Bibliografía	79

3. Aportes para abordar la interacción entre religión y ciencia, y su relación con la didáctica de las ciencias	85
3.1 Introducción	85
3.2 La difícil definición de “religión” y “ciencia”	86
3.2.1 La religión	87
3.2.2 La ciencia	91
3.3 Las relaciones entre ciencia y religión	93
3.4 Modelos de relación ciencia-religión	95
3.5 A manera de conclusión	104
3.6 Bibliografía	105
4. Traducción en el discurso científicista: el caso del programa ECBI (enseñanza de la ciencia basada en la indagación) en Chile	109
4.1 Situando la investigación	109
4.2 El Programa ECBI: un científicismo entre lo global y lo local	113
4.3 La traducción del científicismo	118
4.4 A manera de conclusión	125
4.5 Bibliografía	127
4.5 Documentos analizados	129
5. El conocimiento profesional del profesor: una construcción desde la integración/transformación de referentes académicos y experienciales. El caso de un futuro profesor de biología	131
5.1 Introducción	131
5.2 Diferentes perspectivas en la investigación del conocimiento profesional del profesor de ciencias	132
5.2.1 En el nivel nacional (Colombia)	141
5.2.2 Respecto a las fuentes y componentes del conocimiento profesional del profesor	143
5.3 Metodología	144
5.4 Resultados y análisis	146
5.4.1 ¿Qué conocimientos se integran en la construcción del CPPB en relación con la enseñanza de la biodiversidad?	146
5.4.2 El CPPB y conocimiento biológico (CB) de la biodiversidad	149
5.4.3 El CPPB y el conocimiento didáctico (CD)	150
5.4.4 El CPPB y el conocimiento de su historia de vida (CHV)	151
5.4.5 El CPPB y el conocimiento derivado de la experiencia (CEX)	153
5.4.6 El CPPB y el conocimiento del contexto (CXT)	153
5.5 A manera de cierre	154
5.6 Bibliografía	155

6. Perspectivas de género en la formación docente	161
6.1 Introducción	161
6.2 El inicio de los estudios de género desde la sociología de la ciencia	162
6.3 Género ciencia y educación científica	164
6.3.1 La historia de la ciencia desde el enfoque de género	165
6.3.2 Concepciones sobre ciencia y género en la enseñanza de las ciencias	166
6.3.3 Currículo y educación en ciencias	167
6.3.4 Actitudes hacia la ciencia desde la perspectiva de género	168
6.3.5 Equidad de género en la educación científica	169
6.3.6 Conclusión	169
6.4 Agradecimientos	170
6.5 Bibliografía	171
7. La formación de profesores de ingeniería a partir de la educación en energías renovables	177
7.1 Introducción	177
7.2 La educación en energías renovables	178
7.3 La educación en energías renovables desde la comprensión pública de la ciencia hacia el compromiso público ascendente	179
7.4 Modelos de formación en energías renovables	180
7.5 Formación de profesores en educación en energías renovables	182
Bibliografía	185
8. Diálogos entre distintas formas de conocimiento en el aula de ciencias: reflexiones teóricas y metodológicas	191
8.1 Introducción	191
8.2 Enfoques para una enseñanza de las ciencias comprometida con el diálogo entre distintas formas de conocimiento	194
8.3 Enfoque para una educación científica culturalmente sensible	195
8.3.1 Sobre el aprendizaje en la clase de ciencias	196
8.3.2 Sobre la pluralidad cultural en la clase de ciencias	199
8.3.3 Sobre la inclusión del conocimiento local y tradicional y la configuración de espacios de diálogo entre diferentes formas de conocimiento en la clase de ciencias	201
8.4 Enfoque para una educación científica basada en los conglomerados de relevancia	203
8.4.1 Sobre el aprendizaje en la clase de ciencias	204
8.4.2 Sobre la pluralidad cultural en la clase de ciencias	207
8.4.3 Sobre la inclusión del conocimiento local y tradicional	

y la configuración de espacios de diálogo entre diversas formas de conocimiento	208
8.5 Complementariedad entre conceptos y categorías de los dos enfoques y la formación de profesores	210
8.6 A manera de conclusión	212
8.6 Agradecimientos y apoyos	214
8.7 Bibliografía	215
9. Interculturalidad, conglomerados de relevancias y formación de profesores de ciencias	221
9.1 Introducción	221
9.2 Conglomerados de relevancias	223
9.2.1 Enfoques culturales y conglomerados de relevancias	223
9.2.2 Contexto cultural y conglomerado de relevancias	228
9.2.3 Valores y conglomerados de relevancias	230
9.3 Investigaciones sobre conglomerados de relevancias	232
9.3.1 Sikuanes y llaneros	232
9.3.2 Perfil conceptual y conglomerados de calor en comunidades culturalmente diferenciadas	235
9.4 A manera de conclusión	238
9.5 Bibliografía	241
10. Implicaciones para la enseñanza de la combustión a partir del análisis histórico de la experimentación de Scheele	249
10.1 Introducción	249
10.2 Revisión de antecedentes	250
10.2.1 Concepciones y explicaciones de los estudiantes sobre la combustión	251
10.2.2 Investigaciones encaminadas hacia la enseñanza de la combustión	253
10.2.3 Uso de la historia y la filosofía de la ciencia en la enseñanza de la combustión	254
10.3 Aspectos metodológicos	255
10.3.1 Contexto de la investigación	255
10.3.2 Análisis histórico de textos científico históricos	256
10.4 Resultados	259
10.4.1 Preanálisis del THC	259
10.4.2 Análisis del THC	260

10.5 Actividades para la enseñanza de la combustión	262
10.5.1 Situación problema	263
10.6 Implicaciones para la formación inicial de profesores de ciencias naturales	265
10.7 Bibliografía	265

11. La formación inicial de docentes a partir de su interacción en una Comunidad de Desarrollo Profesional	273
11.1 Introducción	273
11.2 Algunas reflexiones necesarias sobre la formación docente	273
11.3 Ámbitos del conocimiento profesional del profesor	276
11.3.1 El ámbito de conocimientos y estructuras interpretativas	276
11.3.2 El ámbito práctico	276
11.3.3 El ámbito personal	277
11.3.4 El ámbito externo	275
11.4 El lugar de una comunidad de desarrollo profesional para la exploración y desarrollo de los ACPP	278
11.5 Metodología	279
11.6 A manera de conclusión	295
11.7 Bibliografía	297

Índice de Tablas

Tabla 1.1. Modelos de sostenibilidad basado en boff (2013)	26
Tabla 1.2 Sostenibilidad y sustentabilidad como categorías críticas al desarrollismo	30
Tabla 1.3. Aspectos y características de modelos de desarrollo	31
Tabla 3.1. Modelos de relación entre ciencia y religión	95
Tabla 3.2. Momentos del modelo de formación docente.	0
Tabla 3.3. Fundamentos de interpretación	0
Tabla 11.1. Momentos del modelo de formación docente.	281
Tabla 11.2. Fundamentos de interpretación.	286

Índice de Figuras

Figura 5.1. Síntesis del proceso metodológico.	145
Figura 5.2. Modelo pentagonal de integración/transformación del CPPB (sobre la enseñanza de la biodiversidad)	147
Figura 8.1. Conceptos y categorías para una conceptualización, con-	

figuración e interpretación de los espacios de diálogo entre distintas formas de conocimiento y modos de conocer en el aula de ciencias	211
Figura 10.1. Procesamiento de análisis del THC.	258
Figura 10.2. Instrumentos utilizados por scheele.	261
Figura 11.1. Modelo de formación docente.	280

Índice de Matrices

Matriz 1. Síntesis de los fundamentos conceptuales de los ámbitos del conocimiento profesional del profesor en función de la identidad profesional docente y la comunidad de desarrollo profesional.	283
Matriz 2. Categorías, subcategorías y atributos deseables de la Identidad Profesional Docente en función de los Ámbitos del Conocimiento Profesional del Profesor.	291

Anexos

Anexo 1.1. Escuelas posmodernas	47
Anexo 1.2. Bases conceptuales de la ciencia posnormal	48
Anexo 1.3. Desarrollo sostenible	49
Anexo 1.4. Educación ambiental y educación en ciencias	50
Anexo 1.5. Educación para la justicia socioambiental	51
Anexo 1.6. Cuestiones socioambientales	52
Anexo 1.7. Didáctica ambiental	53
Anexo 1.8. Formación en competencias	54

Hemos llamado a este libro *Investigación y formación de profesores de ciencias: Diálogos de perspectivas Latinoamericanas*, segundo en su género de esta colección de **Énfasis**, con el cual avanzamos en la concreción de un aspecto esencial de la misión de nuestro Doctorado, como es la formación de *investigadores [...] con capacidades para producir nuevos conocimientos y de incidir en la apropiación y transformación crítica de la cultura, desde el marco de la flexibilidad, la cooperación nacional e internacional y el diálogo sur-sur, con las aperturas necesarias para interactuar con otras tendencias y paradigmas*. Así, este diálogo tiene varias facetas y formas como revisiones y discusiones de posturas basadas en enfoques latinoamericanos; trabajos colaborativos en torno al desarrollo de investigaciones de tesis doctorales; reflexiones que fortalecen las líneas de investigación del Énfasis de Educación en Ciencias, creadas por sus grupos de investigación, a saber: DIDAQUIM, IREC, Investigación en didáctica de las ciencias, GREECE e INTERCITEC. Pero también se trata de propósitos, colaboraciones, diálogos y proyectos con actores concretos, algunos de los cuales son autores de este libro, compuesto por once capítulos, que enfocan el debate y reflexión en torno a la formación de profesores de ciencias.

El **primer capítulo**, titulado “Las epistemologías del sur y la relación sostenibilidad/sustentabilidad en la construcción conceptual de una línea de investigación didáctica sobre justicia socioambiental”, escrito por el profesor William Manuel Mora Penagos (énfasis Educación en Ciencias DIE-UD); representa un avance de la línea de investigación “Inclusión de la dimensión ambiental en la educación en Ciencias”, propuesta por el grupo de investigación DIDAQUIM. En él se discuten las bases conceptuales sobre el estado de la crisis civilizatoria de la modernidad (particularmente ambiental), y se argumenta sobre la necesidad de un proceso de cambio fundamentado en alternativas propias de la ciencia posnormal, las epistemologías del sur, la filosofía andina y la ecología integral. Así mismo, se hace una estructuración educativa de la relación pedagógica: sostenibilidad/sustentabilidad, como bases de la creación de una didáctica ambiental para la investigación sobre cuestiones de justicia socioambiental y del desarrollo de niveles morales en

tramas de transición complejas, lo que demanda una formación de los docentes de ciencias desde la perspectiva del CDC Ambiental.

Los **capítulos segundo y tercero** se elaboran en torno a los resultados de dos tesis doctorales inscritas en la línea de investigación “Cambio didáctico y formación del profesorado de Ciencias”, inscrita en el grupo de investigación DIDAQUIM. El **capítulo segundo**, titulado “Soporte teórico de un programa de formación de profesores para la generación de cambio didáctico”, de autoría de los profesores Jair Zapata Peña (Egresado del DIE-UD, Bogotá), profesor Carlos Javier Mosquera Suárez (Énfasis Educación en Ciencias DIE-UD, Bogotá) y Graciela Utges (Universidad Nacional de Rosario, Argentina). Presenta una descripción de los marcos referenciales teóricos que se consideraron necesarios para fundamentar el problema de investigación que orientó el desarrollo de la tesis doctoral de la cual derivó este documento. Se despliega la fundamentación teórica discutiendo la inclusión de la Historia y Filosofía de las Ciencias (HFC) en la enseñanza de las ciencias, se muestra una mirada a las relaciones CTS en el contexto de la enseñanza de las ciencias. Finalmente, se presenta un panorama sobre la formación de profesores.

El **capítulo tercero**, titulado “Aportes para abordar la interacción entre religión y ciencia, y su relación con la didáctica de las ciencias”, de los profesores Gonzalo Peñalosa Jiménez (Egresado DIE-UD y UFBA, Centro de Investigación y Estudios Avanzados del IPN, Cinvestav, Unidad de Monterrey) y Carlos Javier Mosquera Suárez (Énfasis Educación en Ciencias DIE-UD, Bogotá). Presenta un panorama de las relaciones entre religión y ciencia, a partir de una revisión teórica de diversas fuentes, desde la perspectiva de la didáctica de las ciencias. El artículo es un punto de partida para aquellos investigadores y profesores que deseen abordar la relación religión-ciencia, en función del aprendizaje y la enseñanza de las ciencias. En este sentido, se presenta los elementos generales de dicha relación, los problemas para definir la religión y la ciencia, y una síntesis de los modelos teóricos que las relacionan.

Los capítulos **cuarto y quinto** son propuestos por la línea de investigación “Conocimiento Profesional de los Profesores de Ciencias y Conocimiento Escolar”, del Grupo de Investigación en Didáctica de las Ciencias. Dichos investigadores ofrecen valiosas contribuciones respecto a la naturaleza del proceso de construcción y diferenciación de esa especificidad (tanto del conocimiento profesional del profesor de ciencias, como del conocimiento escolar), bien desde la integración y transformación (Fonseca y Martínez), o desde la traducción e hibridación (Castillo y Lopes), que buscan dar cuenta

de una construcción de conocimientos propios del maestro y de la escuela. Desde estas perspectivas, se enriquecen diferentes contribuciones para comprender la epistemología escolar.

El capítulo **cuarto** se llama “Traducción en el discurso científicista: el caso del programa ECBI (Enseñanza de la ciencia basada en la indagación) en Chile”, de las profesoras Soledad Castillo (Universidad Metropolitana de Ciencias de la Educación, Facultad de Filosofía y Educación, Departamento de Educación Básica, y en el Colegio de educación básica “Bremen”, de la Comuna de El Bosque) y Alice Casimiro Lopes (Universidad del Estado do Rio de Janeiro, Brasil). En este se presentan algunos resultados de una tesis doctoral, que aportan en la comprensión de diversos referentes, en particular en relación con el análisis de programa ECBI (Enseñanza de la Ciencia Basada en la Indagación) en Chile, cuyos resultados señalan que los discursos científicistas son hibridizados y traducidos de manera permanente, lo que identifican tanto en los discursos analizados de los científicos, como por profesores de ciencias. En este sentido, los dos capítulos aportan en el reconocimiento de la diversidad de referentes epistemológicos en la construcción tanto del conocimiento profesional del profesor de ciencias, como del conocimiento escolar.

El **capítulo quinto** se titula “El conocimiento profesional del profesor: una construcción desde la integración/transformación de referentes académicos y experienciales: El caso de un futuro profesor de biología”, de los profesores Guillermo Fonseca (Egresado del DIE-UD, Universidad Distrital FJDC, Bogotá) y Carmen Alicia Martínez (Énfasis Educación en Ciencias DIE-UD,-Bogotá). En este capítulo se recogen algunos aspectos centrales de la tesis doctoral adelantada en relación con el conocimiento profesional de los futuros profesores de biología, en torno a la biodiversidad en el contexto de la práctica pedagógica en la Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Asimismo, resalta el papel relevante de diferentes referentes epistemológicos en la construcción del conocimiento profesional del profesor, en los que, además de los conocimientos biológicos y didácticos, también se integran y transforman conocimientos del contexto, de la experiencia de vida y de la historia de vida personal del futuro profesor. De este modo, la investigación, entre otros aportes, contribuye a replantear los procesos de formación de profesores que privilegian los referentes académicos.

Los capítulos **sexto** y **séptimo** son propuestos por la línea de investigación “Ciencia, Tecnología, Sociedad: Representaciones sociales, formación

científica ciudadana, apropiación social de la ciencia y estudios de género”, inscrita en el grupo de investigación IREC. El capítulo **sexto** se titula “Perspectivas de género en la formación docente”, de las profesoras Adriana Patricia Gallego Torres (Énfasis Educación en Ciencias DIE-UD) y Johanna Camacho González (Facultad de Filosofía y Humanidades de la Universidad de Chile, Santiago de Chile). En este se resalta que las relaciones ciencia, tecnología y sociedad, dentro de sus líneas de investigación, han desarrollado importantes avances en la perspectiva de género y ciencia, las cuales se han ido incorporando a la formación docente y a la enseñanza de las ciencias, debido, fundamentalmente, a la pregunta de cómo incorporar la perspectiva de género en las clases de ciencias y lograr actitudes e intereses positivos hacia la ciencia y su aprendizaje por parte de las niñas, las jóvenes y las mujeres en general. Se trata no solo de visibilizar el papel de la mujer en la construcción del conocimiento científico y el desarrollo histórico de la ciencia y la tecnología.

En este trabajo se presentan diferentes perspectivas de algunas investigaciones en el campo de género y educación científica. Debido a que la línea de investigación de género se plantea desde las relaciones CTS, se aborda desde una perspectiva sociológica, como un punto de vista diverso en el que la mujer está prácticamente ausente de la construcción de conocimiento científico y tecnológico. Esto se evidencia a través de la invisibilización de ellas en las teorías sobre la construcción social de la ciencia, en los libros de historia de la ciencia y la tecnología, así como en los libros de texto de ciencias utilizados para la enseñanza básica y media. Este trabajo termina mostrando los principales tópicos utilizados en la formación docente en la línea de género en la educación en ciencias.

El capítulo **séptimo** se denomina “La formación de profesores de ingeniería a partir de la educación en energías renovables”, de los profesores Vladimir Ballesteros Ballesteros (Doctorando DIE-UD y docente de la Fundación Universitaria los Libertadores, Bogotá), Jorge Enrique Salamanca Céspedes (Doctorado DIE-UD, Bogotá) y Adriana Patricia Gallego Torres (Énfasis Educación en Ciencias DIE-UD, Bogotá). Forma parte de la revisión documental para formular el proyecto de tesis doctoral que afronta el problema de la educación en energías renovables desde tres ópticas: la situación energética actual, el compromiso público con la ciencia y la necesidad de formar ingenieros y profesionales que respondan al evidente agotamiento de los combustibles fósiles, los problemas ambientales generados por la explotación, transporte y uso de los recursos naturales, el cambio climático, entre otros.

Los capítulos **octavo** y **noveno** son propuestos por la línea de investigación “Enseñanza de las ciencias, contexto, diversidad y diferencia cultural”, desarrollada en el grupo de investigación INTERCITEC. El capítulo **octavo** se titula “Diálogos entre distintas formas de conocimiento en el aula de ciencias: reflexiones teóricas y metodológicas”, de los profesores Diego F. Valderrama-Pérez (UFBA, Salvador), Charbel N. El-Hani (Laboratorio en Enseñanza, Filosofía e Historia de la Biología, UFBA, Salvador de Bahía) y Adela Molina Andrade (Énfasis Educación en Ciencias, DIE-UD, Bogotá). Esta investigación se constituye en un aporte a los procesos de formación de profesores y profesoras, y la configuración del diálogo entre distintas formas de conocimiento en el ambiente escolar, enfocando el contexto de la clase de ciencias. Con este capítulo buscamos realizar aproximaciones y colaboraciones entre varias perspectivas teóricas y metodológicas de los grupos de investigación LEFHIO (Laboratorio en Enseñanza, Filosofía e Historia de la Biología) de la Universidad Federal de Bahía (Salvador de Bahía, Brasil) e INTERCITEC (Interculturalidad, ciencia y tecnología) de las Universidades Distrital Francisco José de Caldas y Universidad Pedagógica Nacional (Bogotá, Colombia), los cuales buscan presentar alternativas escolares que reconozcan y respeten la diversidad y la diferencia cultural en las sociedades latinoamericana, en particular brasileña y colombiana, cuestiones que a nuestro criterio trascienden a la clase de ciencias. Los resultados alcanzados nos permiten fortalecer la proyección de actividades de aula que reconozcan y respeten la diversidad y diferencia cultural, orientadas por los enfoques de investigación: *educación científica culturalmente sensible* y *conglomerados de relevancias*.

En particular, se precisan aspectos conceptuales sobre el aprendizaje y la enseñanza de las ciencias, relacionados con la configuración e interpretación de espacios de diálogo entre distintas formas de conocimiento en el contexto científico escolar, logrados mediante investigaciones en comunidades de práctica en las cuales participaban miembros de comunidades escolares y pesqueras en Colombia y Brasil. Las propuestas y reflexiones que presentamos en este capítulo se desarrollaron en el contexto de construcción e investigación de la secuencia didáctica titulada “El clima y la pesca de la comunidad de Taganga a lo largo del año”, construida e implementada en la comunidad pesquera de Taganga (Caribe colombiano), en colaboración con profesores locales y miembros de la comunidad, durante tres ciclos de investigación, entre 2012 y 2014 (ver detalles en Valderrama-Pérez, 2016; Valderrama-Pérez *et al.*, 2015).

El capítulo **noveno** se titula “Interculturalidad, conglomerados de relevancias y formación de profesores de ciencias”, de los profesores Adela Molina Andrade (Énfasis Educación en Ciencias DIE-UD, Bogotá), Rosa Inés Pedreros Martínez (Egresada DIE-UD y profesora de la Universidad Pedagógica Nacional, Bogotá) y Andrés Arturo Venegas Segura (Egresado DIE-UD y profesor de la Universidad Distrital FJDC, Bogotá). En este capítulo se discute que los conglomerados de relevancias (CR) se tratan desde una perspectiva para realizar investigaciones con enfoque intercultural en la Educación en Ciencias, lo que se ha constituido en referente teórico-metodológico para comprender tal proceso educativo en contextos de diversidad y diferencia cultural. Por consiguiente, se tienen en cuenta los modos de pensar y hablar de los sujetos (maestros-estudiantes) y las relaciones entre los conocimientos locales, tradicionales y el conocimiento escolar, reconociendo sus diferencias en total respeto por el otro, lo otro y los y las otras. Además, busca constituirse en un aporte creativo, dialógico y crítico de las hegemonías dominantes que no permiten el reconocimiento de la diversidad y diferencia cultural. En un primer momento, se contextualizan los desarrollos tomando como referencia los trabajos sobre visión de mundo (Cobern 1991, 1994, 1996 y 2001) y enseñanza transcultural de la ciencia (Aikenhead, 1996, 1997, 2001; Aikenhead, Olugbemiro, Jedege, 1999); posteriormente se muestran dos enfoques sobre la cultura que han enriquecido los enfoques de la línea de investigación (Geertz, 1987; García, 2004). A continuación, se exponen los referenciales de la perspectiva de CR a la luz de las investigaciones realizadas, en particular las de Venegas, 2015 y Pedreros, 2015. Finalmente, se presentan las implicaciones de esta perspectiva en la formación de profesores y profesoras de Ciencias.

Los capítulos **décimo** y **undécimo** son propuestos por la línea de investigación “Relaciones entre Historia de las Ciencias, Filosofía de las Ciencias y Didácticas de las Ciencias”, del grupo de investigación GREECE. La cual, ubica estos últimos capítulos, enfatizando en esta oportunidad en las implicaciones de estas relaciones en la formación inicial de profesores de ciencias.

El capítulo **décimo** se denomina “Implicaciones para la enseñanza de la combustión a partir del análisis histórico de la experimentación de Scheele”, del profesor Henry Giovany Cabrera Castillo (Universidad del Valle, Santiago de Cali). Expone un estudio desde la historia de la química, soportada en las relaciones entre teorización y experimentación, específicamente el estudio de la combustión y los libros de texto. Dicha investigación genera una reflexión importante frente a la manera tradicional y clásica de generación

del conocimiento que de forma cotidiana se enseña en las aulas de clase, en los diferentes niveles de formación, y presenta alternativas para mejorar este proceso, generando alternativas para la formación inicial de profesores de ciencias.

El capítulo undécimo se titula “La formación inicial de docentes a partir de su interacción en una Comunidad de Desarrollo Profesional” de los profesores Andrea Aristizábal Fúquene (Egresada DIE-UD, docente FUAC, Bogotá) y Álvaro García Martínez (Énfasis Educación en Ciencias DIE-UD, Bogotá). Este se ubica en la misma línea de formación inicial de profesores de ciencias naturales y enfatiza en ella; los resultados presentados se han generado a partir de una investigación que centró la atención en el uso de la historia de la química en la formación de profesores de esa área. Las categorías que genera el estudio son producto del uso de la historia de la química de los docentes en formación al momento de participar en una comunidad de desarrollo profesional para mejorar su práctica docente en el colegio de secundaria donde la desarrollan. El estudio resalta el ámbito de formación personal que contempla el desarrollo de la identidad como maestros.

Adela Molina Andrade

Editora

Bogotá, mayo de 2020

1. Las epistemologías del sur y la relación sostenibilidad/sustentabilidad en la construcción conceptual de una línea de investigación didáctica sobre justicia socioambiental *

Willian Manuel Mora Penagos⁰

1.1 Crisis, cambio de época y posmodernidad

Los actuales desafíos de la situación del mundo global, propios de la articulación de distintas crisis como la ambiental, de seguridad alimentaria, injusticia, pobreza, violencia, entre otras, se ha constituido en un sistema de crisis de carácter civilizatoria de la modernidad occidental (Leff, 2007), y de la “era del antropoceno” (Boff, 2016), que vienen afectando principios básicos en el plano de las creencias (Elizalde, 2006) sociales, científicas y educativas, manifestándose de maneras diversas, no solo en lo económico, lo social y ecológico, sino también en el plano cultural, político, ético y espiritual. Este estado de crisis civilizatoria tiene un carácter endémico, con origen en el modelo económico imperante, asociado a epistemologías reduccionistas, con evidentes implicaciones ciudadanas y educativas, al enfrentarse a problemáticas con altos niveles de complejidad e incertidumbre (Mora, 2016) que ponen en riesgo, no solo la continuidad de la especie humana, sino toda expresión de vida sobre la Tierra.

La modernidad que separó el Estado de la Iglesia, que cambió teocentrismo por antropocentrismo, que buscaba el progreso, equilibrio, paz y felicidad, por el camino de la racionalidad tecnocientífico, se ha visto en transformación, e incluso en cambio radical, debido al impacto del consumismo, la corrupción, el riesgo, la injusticia social y ecológica, producto de las ideologías del mercado, particularmente del capitalismo exacerbado. De esta manera, la modernidad, fundada en la aspiración de la superación de la alienación

⁰ Docente investigador del Doctorado Interinstitucional en Educación, sede Universidad Distrital Francisco José de Caldas. wmmorap@correo.udistrital.edu.co

* Línea de Investigación: Inclusión de la Dimensión Ambiental en la Educación en Ciencias
Producto de desarrollo teórico de la Sublínea: Las Cuestiones Socio Ambientales, en la Educación Secundaria y Media.

del medioevo, pasó a ser alienadora, manifestándose en la aparición de la posmodernidad, tanto en su expresión de decadencia de la modernidad, de su reciclaje en un programa inconcluso, y como de alternativa a ella.

Actualmente, uno de los síntomas de cambio hacia una nueva época se presenta en la separación entre poder y política, situación letal para el Estado moderno democrático, al incapacitarlo para tomar decisiones adecuadas. El poder administrado por los mercados, grupos financieros y de fuerzas supranacionales, que se sustraen a todo control democrático desde el neoliberalismo, delega a los sectores privados la mayoría de las responsabilidades que eran originalmente del Estado, determinando políticas de Estado-Nación desprovistos de poder, generando una crisis de soberanía territorial y de capacidad de acción y reacción, ad portas de manifestación de Estados fallidos en una “sociedad líquida” (Bauman y Bordoní, 2016). Esto ha implicado, a partir de la indignación, la participación comunitaria poniendo nuevos cimientos, para hacer frente a una democracia debilitada que exige que la ciudadanía no delegue a otros (supuestamente más capacitados o con experiencia) la toma de decisiones (Bauman y Bordoní, 2016). Ya no se debe renunciar a la autonomía individual ciudadana, en la toma de decisiones comunitarias, por lo que se demanda de una democracia participativa de todos y para todos, con poder vinculante de sus decisiones.

La situación de crisis, que nos ha ubicado a un etapa de la historia que muchos llaman de cambio de la modernidad hacia la posmodernidad (otros la denominan modernidad inconclusa, tardía, reflexiva o de segundo nivel) y de modernidad ya no sólida y estable, sino líquida y flexible (que parte del individualismo, nihilismo y declive de la solidaridad, pero que no es un estado de antimodernidad o negación, y de vuelta al oscurantismo o de paso al “todo vale”), la cual no es transitoria, sino sintomática de cambio profundo y de efectos duraderos que se manifiesta cada vez a mayor velocidad, pero que no debe ser mirada en sentidos apocalípticos o pesimistas, sino más bien de deconstrucción y cambio positivo, creativo y optimista, aunque esté asociada a elementos traumáticos propios de la urgencia, incertidumbre, ignorancia y conflicto de valores, al decidir cómo proceder para seguir hacia adelante. (Ver escuelas de la posmodernidad en mapa del Anexo 1.1).

1.2 Ciencia posnormal, epistemologías del sur y filosofía andina

Se requiere reconfigurar el conocimiento, uniendo lo que la modernidad separó: racionalidad / emoción, hombre/naturaleza, que permitan la emergencia

de novedades históricas (Leff, 2007; Ravetz, 2006; Santos, 2002), que cuestionen tanto a los modelos desarrollistas como a las formas de producción científico-tecnológicas de homogenización mundial. Se requiere una “epistemología política”, propia de un paso de la ciencia reduccionista a una “ciencia holística” (Boff, 2012; Elbers, 2013), propia de una “ciencia posnormal” (ya no ubicada en los riesgos tecnológicos, sino los de la sostenibilidad ambiental y la supervivencia), y de “ciencia con la gente” como lo plantean Funtowicz y Ravetz (2000), una “ciencia alternativa” a la de la modernidad, que contribuya a resolver los problemas de alta complejidad, novedad y variabilidad, como los presentes en los desafíos y riesgos de la actual época (de naturaleza socioambiental, como cambio climático, nanotecnología, ingeniería genética, transgénicos, energía nuclear, etc.). Esto dependería de la relación entre la incertidumbre (aumento de la complejidad en la interacción conocimiento/ignorancia) con respecto a lo que se pone en juego en las decisiones (conflicto y riesgos que demandan de los principios éticos de prudencia y precaución). En la solución de problemas complejos, en niveles de aumento de incertidumbre cruzados por intereses de muchos actores, la calidad de información que guíe la elección de estrategias en una metodología, requiere una “comunidad de pares extendida” desde la participación de distintos actores sociales, que son propios de la ciencia aplicada y consultorías profesionales que no se ajusta a la interdisciplinariedad, positivismo, neutralidad y predictibilidad, de los académicos de la modernidad, sino del “diálogo de saberes” como expresión de las distintas dimensiones de la cultura convocadas a participar y a la apelación a los pronósticos políticos. (Ver las bases conceptuales de la ciencia posnormal en mapa del Anexo 1.2).

Por su parte, Boaventura de Sousa Santos (2010) asume la crítica a la modernidad con su apuesta por las “epistemologías del sur”, la “ecología de saberes” y la “traducción intercultural”, partiendo de la identificación de estrategias de generación de saberes desde una perspectiva intercultural, como nuevo proyecto utópico posmoderno y crítico. Dicha utopía posmoderna, junto con un proyecto político de refundación de las relaciones Estado-sociedad, propone utopías para la vida familiar y doméstica, respecto a formas de producción ecosocialistas, a un consumo orientado por necesidades humanas, a prácticas comunitarias, identitarias e interculturales orientadas por la búsqueda de la dignidad humana, y unas relaciones globales cosmopolitas y antihegemónicas.

La investigación desde las epistemologías de sur se orienta hacia la forma en que el poder, el derecho y el conocimiento emergen y cruzan entre las siguientes dimensiones o espacios estructurales: el doméstico, de producción,

de mercado, de comunidad, de ciudadanía y de espacio mundial. Un elemento clave para la definición consensuada y democrática de procedimientos de traducción ecológica de saberes, es la noción de “zona de contacto”, como “campos sociales donde diferentes mundos de vida normativos, prácticas y conocimientos se encuentran, chocan e interactúan”. Las zonas de contacto surgen a partir de experiencias concretas e históricas de sujetos sociales, que debido a la “sociología de las ausencias y de las emergencias”, se manifiestan como existentes, ya sea como encuentros de imposición colonial o hegemónica, o como el encuentro de actores subalternos o contra hegemónicos. Dependiendo de ese punto de partida, y de la forma como se desarrolle el proceso de traducción, puede irse ampliando o reduciendo una relación de confianza entre agentes, lo cual posibilita traer a la discusión nuevos saberes y prácticas.

La filosofía andina, como sabiduría indígena para un mundo nuevo, desde un análisis intercultural del pensamiento de los pueblos andinos, muestra una “ciencia andina” ligada de las concepciones religiosas, éticas y mitológicas, como fuentes de comprensión indígena del concepto ecuatoriano del “vivir bien” de *sumak kawsay* (quichua), y de Bolivia del “vivir bien” para describir el *suma qamaña* (aymara), en oposición a la buena vida occidental centrada en el tener y no en el ser. Huanacuni (2010) nos dice que vivir bien es la vida en plenitud. Saber vivir en armonía y equilibrio; en armonía con los ciclos de la Madre Tierra, del cosmos, de la vida y de la historia, y en equilibrio con toda forma de existencia en permanente respeto. Esta racionalidad andina articula tres principios fundamentales: el primero, el principio de *relacionalidad* del todo, o principio holístico de “todo está en todo”; el segundo, el principio de *complementariedad*, que significa que cualquier ente y cualquier acción se hallan siempre en coexistencia con su complemento específico; y el tercero, el principio de *reciprocidad*, que expresa la correspondencia a nivel pragmático y ético, “a cada acto corresponde como contribución complementaria un acto recíproco”. Este paradigma holístico enfatiza no solamente en cambios de percepciones y modos de pensamiento, sino en particular en los valores asociados a nuestra ética, conectando cambios de pensamiento (racional/intuitivo, analítico/sintético, reduccionista/holístico, lineal/no lineal) y de valores (expansión/conservación, competición/cooperación, cantidad/calidad, dominación/asociación) (Elbers, 2013).

Los principios del buen vivir y el vivir bien, del *sumak kawsay*, se expresan convergentes con la encíclica papal *Laudato si*, que se centra en los bienes comunes, plenitud humana, complementariedad, solidaridad, respeto y reencuentro con la naturaleza, que constituyen claves para elaborar

interculturalmente un nuevo concepto (y una nueva propuesta) de desarrollo, encaminados a una nueva civilización.

1.3 *Laudato si* y cambio de paradigma civilizatorio

La encíclica del papa Francisco, *Laudato si mi Signore*, que significa “Alabado seas mi Señor”, como canto de San Francisco de Asís que nos recuerda que nuestra casa común es también una hermana, es una apuesta por un proyecto colectivo y ecuménico, es decir, que convoca a todos los pueblos y culturas en pro de la vida, que sustentado en el mandamiento del amor al prójimo, la fe y la trascendencia, se realiza en estructuras sociales, políticas, económicas y culturales como contrapeso ético-movilizador de los pueblos frente a la desenfrenada locura *ecocida*, *biocida* y *genocida* del poder del capital.

Laudato si trata de una teología raizalmente vinculada a la humanidad (en su relación sociedad/naturaleza), y desde una perspectiva latinoamericana y andina, discute las condiciones de vida, critica la opresión, la explotación, no admitiendo las injusticias, ni la utilización-destrucción de la naturaleza, el enriquecimiento egoísta y sin escrúpulos de unos pocos a costa de la mayoría de seres humanos. Esta “teología de liberación” como teología para la vida, de los oprimidos, de los pobres, de la paz, sirve de fundamento a la Doctrina Social de la Iglesia, articulando la concepción integral del desarrollo, el bienestar y el progreso humanos con la realidad de la naturaleza y la sociedad, desde una dimensión global (Rauber, 2017).

El papa Francisco es insistente en invitar a un proceso de cambio social, un cambio de paradigma civilizatorio, desde el ideal de una “civilización del amor”, que ubique en el centro la dignidad de la persona humana, impulsando la construcción de un modelo de desarrollo latinoamericano, desde las bases de los pueblos, que ponga en el centro el inalienable derecho a la autodeterminación y el buen vivir, en batalla cultural superadora de la influencia colonizadora del liberalismo. Los movimientos sociales, y particularmente los jóvenes, son los pilares sociales centrales por un nuevo mundo, a fin de organizar a los pueblos para construir alternativas de salida y superación de la situación de exclusión y muerte, en un concepto cualitativo que produzca sociedad y vida dignas, valorando el tiempo de ocio, las relaciones humanas, la equidad, la justicia y la espiritualidad.

1.4 Sostenibilidad/Sustentabilidad: una relación educativa

Si bien en el plano de la economía no se debate la existencia de las diferencias y similitudes entre sostenibilidad y sustentabilidad, consideramos que podría ser un ejercicio heurístico en el plano educativo, por lo que a continuación presentaremos una aproximación general con implicaciones pedagógicas y didácticas.

Leonardo Boff (2013) presenta un sugerente análisis de los modelos actuales de desarrollo sostenible, como estrategias para salir de la crisis socioambiental, haciendo una valoración de los mismos, para luego ofrecer los presupuestos cosmológicos y antropológicos de un concepto integrador de sostenibilidad.

Tabla 1.1. Modelos de sostenibilidad basados en Boff (2013).

	Fundamentos conceptuales	Aspectos críticos
1. Modelo estándar de desarrollo sostenible: sostenibilidad retórica	Se establecen tres pilares: económico, social y ambiental, bajo el principio: "Para ser sostenible, el desarrollo debe ser económicamente viable, socialmente justo y ambientalmente correcto".	Representa una hábil manera de desviar la atención respecto de los verdaderos problemas, que son la injusticia social, el calentamiento global y las amenazas de supervivencia de nuestra civilización y de la especie humana.
2. Mejoras en el modelo estándar de sostenibilidad	Han caído en la cuenta del vacío de elementos humanistas y éticos, añadiendo otros pilares: <ul style="list-style-type: none"> • Gestión de la mente sostenible. • Generosidad. Más allá de la filantropía • Cultura, que incluye procesos de comunicación y diálogo. • Hábitos de moderación y de consumo solidario. • Cuidado esencial: ética de compasión por la tierra. 	Sostenibilidad y desarrollo responden a lógicas que se niegan a sí mismas: la una privilegia al individuo, la otra al colectivo; la una subraya la competitividad, la otra la cooperación; la una enfatiza la evolución del más apto, la otra la evolución de todos juntos e interrelacionados.

	Fundamentos conceptuales	Aspectos críticos
3. El modelo del neo-capitalismo : ausencia de sostenibilidad	Acepta determinadas regulaciones por parte del Estado, consciente de que el mercado, dejado a sí mismo, sigue su lógica competitiva.	Este modelo no goza de ninguna sostenibilidad, pues sigue extrayendo de manera indiscriminada insumos de la naturaleza y crea perversas desigualdades sociales.
4. El modelo del capitalismo natural : la sostenibilidad débil	Trata de conferirle algún grado de sostenibilidad, incrementando la productividad de la naturaleza con una mejor utilización de los espacios y con insumos químicos; lograr que los procesos productivos sean más eficaces y sostenibles imitando los modelos biológicos; favorecer el uso de productos biodegradables; vender más servicios e innovaciones tecnológicas que productos; monitorizar permanentemente los insumos utilizados reutilizando los residuos.	Se trata en realidad de un modelo muy tentador, porque da la impresión de estar en consonancia con la naturaleza, cuando en realidad considera esta como una mera reserva de recursos para fines económicos, sin entenderla como una realidad viva, subsistente, con un valor intrínseco, que exige respetar sus límites y de la que, por tanto, el ser humano debe sentir que forma parte y que es responsable de su vitalidad e integridad.
5. El modelo de la economía verde : la sostenibilidad ilusoria	<p>La idea es organizar una transición de una economía marrón (energías fósiles), de alto carbono, a una economía verde (energías alternativas), de bajo carbono.</p> <p>Lo que damos por supuesto es que este tipo de "economía verde" representa una transición hacia una verdadera sostenibilidad económica que, al día de hoy, aún no hemos alcanzado.</p> <p>Evita emplear la expresión "desarrollo sostenible" como tema central, pues es consciente de su banalización y de su desgaste social. No resuelve la desigualdad. Niega la gravedad de la crisis ecológica.</p>	<p>Puede significar distintas cosas de artimaña del capitalismo: busca la recuperación de las áreas verdes deforestadas; valoración económica de las llamadas "externalidades", como el agua, el suelo, el aire, los nutrientes, los paisajes; producir una mejora del bienestar del ser humano, así como una cierta igualdad social, a la vez que reduce de manera significativa los riesgos ambientales y la escasez ecológica).</p> <p>Poner precio a los productos que la naturaleza nos regala, privatizarlos con propósito de lucro es la suprema insensatez de una sociedad de mercado.</p>

	Fundamentos conceptuales	Aspectos críticos
6. El modelo del ecosocialismo : sostenibilidad insuficiente	Se presenta como una alternativa radical y práctica al sistema del capital, que critica tanto la economía capitalista de mercado como el socialismo productivista, pues ambos coinciden en el hecho de que no tienen en consideración los límites de la Tierra. Se presenta como propuesta que, a pesar de no haber sido implementada aún en ningún país, pretende una producción que respete los ritmos de la naturaleza y favorezca una economía humanística, fundada en valores no monetarios, como la justicia social, la equidad y la recuperación de la dignidad del trabajo.	El aire puro, el agua y los suelos fértiles, así como el acceso universal a alimentos no agrotóxicos y a unas fuentes de energía renovables, no contaminantes, forman parte de los derechos naturales y básicos de todo ser humano en el marco de una democracia social, en la que el pueblo, concienciado y organizado, participa en la toma de aquellas decisiones que interesan a todos. Se sitúa todavía dentro del antiguo paradigma, que no percibe la unidad ser humano-Tierra-universo.
7. El modelo del ecodesarrollo o de la bioeconomía : sostenibilidad posible	Habla de “decrecimiento económico para la sostenibilidad ambiental y la equidad social”. Acrecimiento o reducción del crecimiento cuantitativo para conceder más importancia al crecimiento cualitativo, en el sentido de preservar recursos que serán necesarios para las generaciones futuras. Si en el Norte, el decrecimiento es claramente la reducción de los niveles de consumo, en el Sur es el intento de un desarrollo, eliminando los obstáculos que impiden que las sociedades avancen.	No se trata de asumir la discutible tesis del decrecimiento, sino de imprimirle otro rumbo al desarrollo, descarbonizando la producción, reduciendo el impacto ambiental y propiciando la vigencia de valores intangibles, como la generosidad, la cooperación, la solidaridad y la compasión.
8. El modelo de la economía solidaria : la microsostenibilidad viable	Es el modelo que mejor realiza el concepto de sostenibilidad, en directa oposición frente al sistema mundialmente imperante. En este tipo de economía, el eje sobre el que todo se apoya lo constituye el ser humano, no el capital; la solidaridad, no la competitividad; la mejora de la calidad de vida y del trabajo, no la maximización del lucro; la primacía del desarrollo local, no del global.	Este modelo se concreta mediante las cooperativas de producción y de consumo, en los fondos rotativos de crédito, en las “ecovillas”, en el banco de semillas criollas, en las redes de tiendas de comercio justo y solidario, en la creación de incubadoras de nuevas tecnologías en articulación con las universidades, incluso en la recuperación de empresas fallidas y gestionadas por los propios trabajadores.

	Fundamentos conceptuales	Aspectos críticos
<p>9. El buen vivir de los pueblos andinos: la sostenibilidad deseada</p>	<p>El buen vivir andino apunta a una ética de la suficiencia para toda la comunidad y no solo para el individuo. Consiste en buscar un camino de equilibrio y vivir en comunión profunda con la Pacha (la energía universal), que se concentra en la Pachamama (la Tierra), con las energías del universo y con Dios. El “buen vivir” no es nuestro “vivir mejor”, no es lo que llamamos “calidad de vida”, que, para ser una realidad, exige que muchos deban vivir peor y tener una mala calidad de vida.</p>	<p>El buen vivir es estar en armonía permanente con el todo; armonía entre marido y mujer; armonía entre todos en la comunidad, celebrando los ritos sagrados que renuevan continuamente la conexión cósmica y con Dios. Por eso, el buen vivir tiene una evidente dimensión espiritual, con los valores que le son propios, como el sentido de pertenencia a un Todo, la compasión para con los que sufren y la solidaridad entre todos.</p>
<p>10. Sostenibilidad Integradora</p>	<p>Acoge toda la sabiduría de la humanidad, de las distintas culturas particularmente las ancestrales.</p> <p>Se pretende una cosmología de la transformación para la era del ecozoico, aceptando en el ser humano tres tipos de inteligencias: intelectual, emocional y espiritual; de apertura y disposición favorable a bienes intangibles como el amor, la solidaridad, la compasión y la contemplación.</p> <p>La sostenibilidad requiere una espiritualidad cósmica, terrenal y humana.</p> <p>La propuesta básica consiste en la creación de cooperativas con el fin de generar un desarrollo integral del ser humano en sus dimensiones física, mental y espiritual.</p>	<p>Diez son los principios:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Reconocer que la Tierra es Madre. • Rescatar el principio de religación. • Respetar los ciclos naturales. • Valorar y preservar la biodiversidad. • Reconocer el valor de las diferencias culturales. • Exigir que la ciencia se haga con conciencia ética. • Que sus conquistas beneficien más a la vida y a la humanidad que al lucro y a los mercados. • Superar el pensamiento único de la tecnociencia. • Valorar lo pequeño y lo que viene de abajo. • Rescatar los derechos del corazón, los afectos y la razón sensible y cordial.

Fuente: Elaboración propia.

A partir de los 10 modelos de Boff (2013), los agrupamos en dos grandes categorías como críticas al desarrollismo que le dieron origen: del 1 al 5 con la palabra Sostenibilidad, y del 6 al 10 con la palabra Sustentabilidad, y que presentamos en la Tabla 1.2.

Tabla 1.2. Sostenibilidad y sustentabilidad como categorías críticas al desarrollismo.

	Desarrollismo	Sostenibilidad	Sustentabilidad
Fundamento	Ideología del progreso capitalista. Confianza en el poder ilimitado de la ciencia y la tecnología	Paradigma globalizante con tendencia a los aspectos económicos, articulado a lo ecológico y social	Utopía de nuevo paradigma civilizatorio alternativo. Sustentado en el énfasis cultural, político, ético, espiritual y sagrado
Racionalidad	Disciplinaria	Interdisciplinaria	Diálogo de saberes
	Norte político y epistemológico	Norte político y epistemológico europeo	Sur epistemológico Latinoamérica y andina
	Modernidad	Modernidad	Postmodernidad
	Dominación y conquista		transformación y de liberación
	Era del antropoceno	Era del Antropoceno	Era del ecozoico
	Antropocentrismo	Biocentrismo	Cosmocentrismo
Cosmovisión	Cabeza (racionalidad)	Justicia reciprocidad	Corazón (espiritualidad), emoción El cuidado complementariedad
	Patriarcal, la conquista y dominación (Animus) hombre, expresado por la razón objetiva y la ordenación de las cosas	Patriarcal	Matriarcal: el cuidado en el habitar la Tierra, desde una relación de precaución y prevención amorosa, protectora y respetuosa) (Anima) mujer (sensibilidad, intuición de la espiritualidad)

	Desarrollismo	Sostenibilidad	Sustentabilidad
Fundamentos de cambio		Derechos humanos de solidaridad (cooperación), Tecnologías limpias Educación para el desarrollo sostenible	Derechos de la Tierra Decrecimiento EA para la sustentabilidad de la vida en la Tierra

Fuente: Elaboración propia.

También es posible generar una trama evolutiva de las ideas sobre el desarrollo y el conocimiento tecnocientífico con fines pedagógicos y didácticos, con el fin de generar estrategias formativas y de enseñanza, que se han adaptado mediante una síntesis de un trabajo anterior nuestro (Mora, 2011) (ver también Anexo 1.3).

Tabla 1.3. Aspectos y características de modelos de desarrollo.

Modelos del desarrollo	Aspectos	Características
Nivel 1: Desarrollismo	Fundamentos	<ul style="list-style-type: none"> • El progreso de la civilización debe ir sostenido por el crecimiento económico ilimitado. • La tecnociencia en su desarrollo ha permitido el surgimiento de la acumulación del capital ecológico. • Las ciencias naturales separadas de las sociohumanísticas hacen imperar la razón instrumental sobre la razón simbólico-cultural.
	Lugar de la tecnociencia	<ul style="list-style-type: none"> • Las tecnociencias están al servicio del poder productivista y de dominación por parte de lo económico. • Las tecnologías pertenecen a corporaciones que las desarrollan y patentizan.
	Relaciones Norte - Sur	<ul style="list-style-type: none"> • Los problemas ambientales, en particular la pobreza, no son producto de las acciones del norte, sino del subdesarrollo del sur. • La insuficiencia de capital, el uso de tecnología atrasada, baja producción de conocimiento, motivan la transnacionalización del desarrollo económico hacia el sur.

Modelos del desarrollo	Aspectos	Características
<p style="text-align: center;">Nivel 1: Desarrollismo</p>	<p style="text-align: center;">Aspectos pedagógicos y curriculares</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Pedagogías dominantes bajo la lógica del capitalismo cognitivo-productivista del conocimiento, la información y la evaluación estandarizada. • Separación entre las ciencias naturales y sociohumanistas, entre las mal llamadas “ciencias duras y blandas”. • Proyectos educativos orientados hacia la evaluación de competencias principalmente laborales bajo la lógica de la competitividad, donde se presenta una evaluación sin formación para formar en competencias. • Se desconocen las problemáticas ambientales y genera dicotomías entre una educación para la conservación frente a una “educación para el desarrollo sostenible” universalista bajo la lógica del norte. • La función socializadora y cultural de la escuela se deja en un segundo plano, adquiriendo una imagen de institución formadora de estándares para la sociedad globalizada.
	<p style="text-align: center;">Lema</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Más es mejor, pero produciendo más con menos, siendo no negociable el patrón de consumo del norte, si ser lo deseable su expansión al sur.
	<p style="text-align: center;">Elementos críticos</p>	<ul style="list-style-type: none"> • El desarrollismo productivista/consumista ha sido factor determinante de la actual crisis civilizatoria de la modernidad (capitalista tecnocientificista), expresada como un sistema de integración de crisis: energética, alimentaria, hídrica, climática, económica, de valores, etc., que pone en peligro la especie humana y la vida en general. • Los intereses económicos transnacionales que funcionan bajo la lógica del lucro, la codicia y la avaricia, que estimulan y financian la investigación tecnocientífica al servicio de la rentabilidad y la eficiencia.

Modelos del desarrollo	Aspectos	Características
<p style="text-align: center;">Nivel 2: Desarrollo Sostenible (DS) (Sostenibilidad)</p>	Fundamentos	<ul style="list-style-type: none"> • La sostenibilidad, se propone como reacción a las críticas de informes asociados a los límites del crecimiento que articulan el lucro ilimitado con la generación de desigualdades estructurales en lo ecológico, social y económico, que destruyen la naturaleza. • Búsqueda de los objetivos del desarrollo sostenible: 1) satisfacer las necesidades humanas básicas (alimentarias, para evitar el hambre y desnutrición), 2) lograr un crecimiento económico de manera constante (donde las economías produzcan bienes y servicios para atender a la población), 3) mejorar la calidad del crecimiento económico (teniendo acceso a recursos naturales para todos), 4) atender a aspectos demográficos (reduciendo los altos índices de crecimiento poblacional), 5) seleccionar opciones tecnológicas adecuadas (trasfiriendo tecnologías a los países en desarrollo), 6) aprovechar, conservar y restaurar los recursos naturales (evitando degradación y permitiendo la capacidad de recuperación de la naturaleza).
	Lugar de la tecnología	<ul style="list-style-type: none"> • Como superadora del desequilibrio entre naturaleza y tecnologías rudimentarias, sucias, agresivas y contaminadoras. • La crisis ambiental en su solución requiere tecnologías limpias que reduzcan los residuos y agentes contaminantes, y se redistribuyan los riesgos. • Los conocimientos tradicionales son un complemento a las tecnologías actuales mediante principios de hibridación estratégica. • Acercamiento a una tercera cultura que articula lo natural con lo social, mediante epistemologías que propenden por la inter y transdisciplinariedad para una sociedad basada en el conocimiento.
	Relaciones Norte - Sur	<ul style="list-style-type: none"> • La globalización requiere una economía sostenible y del bien común, sin impactar la naturaleza, pensando particularmente en las futuras generaciones, por lo que se debe promover un desarrollo en el sur de forma sostenible.

Modelos del desarrollo	Aspectos	Características
<p align="center">Nivel 2: Desarrollo Sostenible (DS) (Sostenibilidad)</p>	<p align="center">Aspectos pedagógicos y curriculares</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Bajo el enfoque CTS (ciencia, tecnología y sociedad) se pretende formar en tecnociencias para todos, donde la formación integral se reduce a la alfabetización en ciencia y tecnología (criticando el positivismo científico), con manejo de otros idiomas particularmente en inglés, y una comunicación asistida por TIC. • Se fomenta la formación por logros, competencias y estándares internacionales para la globalización y la competitividad según criterios de calidad eficientistas. • Las problemáticas ambientales se reconocen y se intentan tratar de forma segmentada con currículos agregacionistas de distintas componentes transversales, para la paz, la solidaridad, la administración, la equidad de género, etc.
	<p align="center">Lema</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Acceso a la tecnología mediante endogenización al hacer conciencia que naturaleza y poder dependen de ella.
	<p align="center">Elementos críticos</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Capitalismo y socialismos verdes siguen manteniendo una lógica voraz por la naturaleza, aunque hayan sumado controles particularmente proteccionistas. • Se presenta un discurso de sostenibilidad retórico e ilusorios originados en intereses políticos dominantes, que admite que la naturaleza tiene límites y que hay que pagar por los excesos. • El DS reconoce la crisis civilizatoria como una crisis principalmente financiera, proponiendo una reactivación de la economía con regreso a las pautas de crecimiento económico existente antes de la recesión de 2008, pero con algunos cambios de forma puramente light, que no se desliga del desarrollo capitalista.

Modelos del desarrollo	Aspectos	Características
<p>Nivel 3: Sustentabilidad</p>	<p>Fundamentos</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Se reclama un desarrollo más humano y de conciencia ambiental, para una civilización distinta de corte cualitativo que lucha contra la desigualdad en la distribución de la riqueza y la defensa integral de la naturaleza, para salvar la vida sobre la Tierra, lo cual requiere el rechazo a los valores puramente racionalistas asociados al productivismo/consumismo de la modernidad. • Integración de distintas dimensiones de la cultura mediante el “diálogo de saberes”, como integración de distintas epistemologías; de esta manera, se acepta qué tan importantes son las tecnociencias, como los saberes populares, ancestrales, religiosos y espirituales. • Los fundamentos sistémicos y complejos se apoyan en una ética ambiental biocéntrica, que enfatiza en los principios de precaución, solidaridad, democracia, autocontención, biomimesis, y ecoeficiencia. • Las ideas del “buen vivir” se centran no en saber conservar, sino saber transformar bien, pues el orden humano es parte del orden natural, relacionado todo (ley sinérgica y ecológica), sin separar naturaleza-sociedad. • <i>Visión religiosa:</i> se demanda un ecumenismo de religación de las diversidades religiosas para salvar la naturaleza, proponiéndose una ética de responsabilidad y de compasión (de límite de los deseos humanos) para con la creación, en pro de la solidaridad cósmica y la comunalidad de los vivientes (con Dios como espíritu del mundo que está en todo), y que permita superar la lógica que explota a las clases sociales menos favorecidas, depredando la madre naturaleza. • <i>Visión del crecimiento:</i> Preferir hablar de sustentabilidad, que de desarrollo sostenible, pretendiendo limitar el desarrollo injusto, y de desigualdades sociales y culturales, destacando los aspectos políticos y éticos situados en contextos territoriales–culturales que manifiesta alternativas al desarrollismo como al DS propuesto desde el Norte.

Modelos del desarrollo	Aspectos	Características
<p style="text-align: center;">Nivel 3: Sustentabilidad</p>	<p>Lugar de la tecnociencia</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Se pretende una tecnociencia con conciencia y escrutada socialmente, sin pretender asumir una postura anticientífica y tecnófoba, ni limitar su autonomía, pero sí de hacerla más consciente y responsable socialmente respecto de las consecuencias de su dependencia de la lógica de la modernidad capitalista, de búsqueda del lucro y de la explotación, el eficientísimo y resultadismo que garantizan su financiación y reconocimiento. • Se propende por una redimensión de las ciencias y tecnologías más responsable y cercana al escrutinio ético de la sociedad que permitan no solo desmitificar la ciencia como posibilitadora de todas las soluciones a los problemas ambientales que ella misma ha coparticipado en generar, cambiando esa imagen de “nueva religión del capitalismo desenfrenado”. • Hay que valorar la retoma de los sistemas de producción tradicionales (que se han dado ancestralmente, por ejemplo, en las formas del cultivo y uso del agua) para crear nuevos equilibrios de cambio cultural alternativos.
	<p>Relaciones Norte - Sur</p>	<ul style="list-style-type: none"> • El Sur no debe someterse pasivamente a las reglas de juego del capitalismo del Norte, ya que el discurso del DS y de sus objetivos es solo un discurso amable en pro de la internacionalización del capital ecológico y la reivindicación de la naturaleza al servicio del capital, manteniendo una modernidad inconclusa. • El neocolonialismo del Norte, por medio de la compra de recursos naturales y las presiones de las empresas transnacionales, hipotecan las bases culturales de los pueblos; así, por ejemplo, las biotecnologías (y sus patentes) son una apropiación del conocimiento ancestral que destruyen la diversidad biológica y cultural. • El cuidado del planeta Tierra como crítica a nuestra civilización en crisis agonizante, requiere un proceso ético de equidad y justicia entre seres humanos y con el cosmos, que demandan del respaldo y respeto por los derechos de la naturaleza.

Modelos del desarrollo	Aspectos	Características
Nivel 3: Sustentabilidad	Aspectos pedagógicos y curriculares	<ul style="list-style-type: none"> • Reconciliación entre ciencias y humanidades, en una ética ambiental, emocional y espiritual, en una educación ambiental como puente entre las dos culturas. • Calidad entendida como principio ético y cualitativo de hacer las cosas bien con responsabilidad social, permitiendo la equidad y la cohesión social. • El desarrollo de capacidades y formación en competencias, como unidad inseparable del desarrollo humano, las cuales emergen ante problemas socioambientales que son propios del mundo de la vida y de la relación global/local. • Formación basada en principios democráticos para la participación en la toma de decisiones, donde es fundamental la pedagogías y didácticas ambientales sociocríticas. • “Didáctica ambiental” sustentada en cuestiones socioambientales, propias de los conflictos de justicia socioambiental; para lo que se hace fundamental una formación en epistemología ambiental, epistemología política, participación ciudadana en comunidades de pares extendida.
	Lemas	<ul style="list-style-type: none"> • La Tierra es nuestra casa común, la diversidad biológica y cultural como soporte de la vida como causa común, requiere amor y solidaridad, respeto y unidad en la diversidad, relacionalidad y equilibrio del buen vivir, con justicia social y ecológica, para su preservación.

Fuente: Elaboración propia.

1.5 La necesidad de una educación holística, crítica y compleja

Durante las últimas décadas ha habido muchos esfuerzos para adaptar los sistemas de educación al componente ambiental y en general a una “educación para un mundo mejor”. Como ejemplos tenemos la “educación ambiental”, “educación para el desarrollo sostenible”, “educación

comunitaria”, “educación para la paz”, “educación en derechos humanos”, “educación para la sostenibilidad”, “educación al aire libre”, “educación basada en el contexto”, “educación intercultural” y, recientemente, la educación en “ciencia ciudadana y la ecojusticia”, que demandan pensamiento crítico, desde una formación para la argumentación, la evaluación de riesgos, la toma de decisiones y el activismo sociopolítico (Bencze y Alsop, 2014).

Estas propuestas educativas son indicativo de “cambio de paradigma en el pensamiento, el aprendizaje y la enseñanza para un mundo sustentable”, una educación anticipativa del cambio de paradigma civilizatorio, desde una educación que parte de contribuciones de las conquistas históricas del ser humano, como la razón (la crítica), de la técnica (la creatividad), del amor de los oprimidos (la liberación), y que exige recuperar la razón sensible y espiritual que permite sentir la Tierra como algo vivo; superar todo tipo de antropocentrismo y sociocentrismo; conocer la importancia de los componentes de la naturaleza como nuestros hermanos; desarrollar una espiritualidad cósmica, sensibles a los mensajes de belleza, de grandeza y de generosidad; cultivar la ética del cuidado, que atraviesa todas las disciplinas e impregna todas las actitudes. Para esto se requiere trabajar sobre el desarrollo de capacidades y formación de competencias asociadas a lo cognitivo (cabeza), lo emocional (corazón), la acción (manos) y lo conectivo (espíritu).

1.6 Articulación entre EC y la EA

Mueller y Tippins (2015) consideran que sigue siendo urgente la necesidad de tender puentes entre la educación ambiental (EA) y la educación científica (EC), establecer sincronía entre la filosofía de la ecojusticia, el activismo juvenil y la ciencia ciudadana, tres áreas que se han convertido en centrales para la educación científica crítica en la actualidad. Sin embargo, en las dos últimas décadas el acercamiento entre la EC y la EA desde un mutualismo (Gough, 2002) o beneficio mutuo, han incursionado en la mejora las actitudes hacia las ciencias y el aprendizaje de los estudiantes en la EC, y el aseguramiento de mayores compromisos educativos formales y de posicionamiento curricular de la EA. Así, la posibilidad de una educación ecocientífica (Sauvé, 2010), y de “educación científico-ambiental” (Mora, 2015), en pro de la comprensión sobre cómo las ciencias y la naturaleza son mutuamente dependientes, promueven desarrollos curriculares y la aparición de una “didáctica de las ciencias y el ambiente” comprometidas con el contenido

asociado a las problemáticas socioambientales del siglo XXI, particularmente de injusticia relacionada con conflictos socioambientales permitiendo enfrentar la brecha entre lo que se enseña en las aulas de ciencias y lo que los estudiantes experimentan en el mundo real (Ver Anexo 1.4).

Los educadores de ciencias están rompiendo los rígidos muros de su disciplina y están articulándose a la situación actual del mundo en crisis, participando en el desarrollo de currículos y didácticas socialmente responsables con los problemas del siglo XXI que relacionan naturaleza con sociedad. Impulsados por un compromiso moral de sostener el patrimonio cultural y ambiental del planeta, los educadores de EC ambientalmente comprometidos están formando a los jóvenes para que se conviertan en activistas y administradores del medioambiente, al relacionar desde un enfoque socioepistemológico y psicosocial, los aspectos éticos, políticos y culturales para la participación ciudadana en la solución de los grandes problemas del mundo actual. Por consiguiente, se requiere articular una didáctica “constructivista revolucionaria” que promueva el “activismo de las ideas”, del estudiantado y profesorado en los procesos de cambio del mundo y, particularmente, de las controversias científicas y ambientales originadas en problemas del entorno escolar, donde el aula se encuentra ante dilemas morales, que demandan no solo suficientes conocimientos científicos, sino de lógica de consenso y otredad ante estructuras de poder hegemónicas de distintos actores sociales, que afectan el actuar incluyente y democrático en una sociedad del riesgo y en el campo de la ciencia posnormal y la ecología de saberes (Ver Anexo 1.5).

La creación y consolidación de una “didáctica de las ciencias y del ambiente” orientada a deconstruir las representaciones sociales de crisis, tristeza y fatalidad, y que motiven al profesorado y estudiantado hacia la acción, se soportaría en cuatro ámbitos fundamentales:

- El impacto socio ambiental relacionado con las prácticas tecnocientíficas,
- Los discursos asociados a las ideas y modelos del estudiantado que circulan en el aula, respecto a la crisis socioambiental global.
- Las implicaciones socioculturales asociadas a la toma de decisiones asumidas por los distintos actores implicados, y
- Las cuestiones basadas en casos reales del entorno territorial y de vida y no solo de ejercicios de simulación.

Y donde la selección de contenidos se movería bajo una diversidad de criterios:

- Centrados en la perspectiva ecológica de los ciclos biogeoquímicos.
- Basados en las grandes problemáticas epistemológicas, culturales y ambientales de un mundo en crisis.
- Centrados en las causas de las problemáticas ambientales.
- Criterios basados en el pensamiento sistémico y complejo (metodológicos asociados al diálogo de saberes).
- Articulados al desarrollo sostenible.
- A las diferencias entre sostenibilidad y sustentabilidad.
- Sustentados en elementos pedagógicos de la teoría sociocrítica y la hermenéutica.
- Como reconciliación entre ciencias y humanidades (3° cultura).
- Los criterios de compromiso ambiental de las instituciones educativas.
- Derivados de modelos didácticos de las ciencias naturales, como el enfoque CTSA o cuestiones socio científicas.
- Cuestiones de justicia socioambiental (Andrzejewski, Baltodano y Symcox, 2009; Mueller y Tippins, 2015) y de desarrollo de niveles morales en tramas de transición complejas (Zizek, Garz y Nowak, 2015; Mora, 2011).

1.6.1 Componentes ético, político y cultural en la “educación científico-ambiental”

El fomento de los discursos medioambientales en la EC se ha presentado desde una amplia gama de perspectivas internacionales y contribuciones holísticas, con aportes de distintas educaciones, como la educación al aire libre, la educación experiencial, la educación situada basada en el contexto, la educación intercultural, la educación democrática, la educación para la sostenibilidad, la educación para la salud, la educación aborígen e indígena, la pedagogía crítica, la educación en justicia social, la ecopedagogía,

la educación ecojusticia, la educación basada en el aprendizaje social basado en problemas.

Dos enfoques recientes han despertado interés, en el puente o interfaz entre EC y EA: las “cuestiones sociocientíficas” (CSC) [Socio-Scientific Issues, SSI] (Sadler, 2011) y las “Cuestiones Socialmente Vivas” (CSV), [en francés, ‘Questions Socialement Vives’, y en inglés, ‘Socially Acute Questions’ (SAQ)] (Simonneaux & Simonneaux, 2012). La primera, desde la “didáctica de las ciencias naturales”, y la segunda, desde la EDS y la EA, que se muestran como posibilitadoras del surgimiento del contexto educativo de las cuestiones socioambientales, CSA (Ver Anexos 1.6 y 1.7).

Las CSC (SSI) tienen tres propiedades destacadas: 1) su naturaleza polémica, abiertas que incluyen razonamiento ético y moral; 2) se introducen educativamente para mostrar cómo los dilemas en campos científicos se perciben en representaciones sociales ligadas al género, cultura, posición política y profesión, reflejando valores presentes en todas las sociedades, la investigación, los campos profesionales y aulas de clase; 3) se expresan particularmente en los medios de comunicación.

Las CSV se ubican linealmente en un continuo entre “frías y calientes”, mediante varias estrategias didácticas que van desde la doctrinal, la problematizadora, la pragmática, hasta la más deseable, de naturaleza crítica: 1) en el “extremo frío”, las CSC que se usan para motivar a los estudiantes convenciéndolos de la importancia de las ciencias, desde una visión epistemológica monodisciplinaria centrada en valores de validez, fiabilidad, y precisión; 2) en el “extremo caliente”, las CSA que generan compromiso activista de los estudiantes, demandando pensamiento crítico y argumentativo para la toma de decisiones en un contexto epistemológico interdisciplinario ciencia/humanidades, sustentados en valores de respeto a la diferencia.

Aunque la complejidad, la incertidumbre y el contexto son reconocidos en los enfoques de CSC y CSV, el papel de la transdisciplinariedad y el “diálogo de saberes” que articula tecnociencia con lo ancestral, mítico o religioso, de los distintos actores vinculados a la participación en la solución de problemas reales locales/globales, en particular de justicia socioambiental, raramente se incluyen en estas propuestas, demandando una propuesta específica de CSA desde las “epistemología del sur”, la ciencia posnormal, filosofía andina y la ecología integral del cuidado de la casa común. En la orientación a esta demanda, existen fuentes de información valiosas que hacen visible la

movilización de las comunidades, destacando las reclamaciones y testimonios, frente a las injusticias infligidas a través de las actividades de empresas y administradores y políticos, como las consignadas en el Atlas de Justicia Ambiental (<https://ejatlas.org/>), el observatorio latinoamericano de conflictos ambientales y el inventario de caracterización y análisis de conflictos ambientales en Colombia.

1.7 Formación ambiental del profesorado de ciencias

El enfoque de articulación entre EA y EC en una educación y una didáctica de las ciencias y el ambiente necesitan una preparación de maestros en formación y en servicio con un conocimiento adecuado en sustentabilidad ambiental para asegurar que sus estudiantes adquieran conocimientos, valores, actitudes y compromiso para sostener un planeta saludable. Infortunadamente, esto no es una tarea simple o directa; la idea de sustentabilidad es dinámica y evoluciona con muchas interpretaciones, los paradigmas actuales para educar para la sostenibilidad incluyen muchos temas que son controvertidos, cargado de valor y complejidad que pueden ser difíciles de enseñar.

Una “educación científico-ambiental” representa un nuevo paradigma para la formación inicial y permanente del profesorado de ciencias, que riñen con los actuales programas de formación de profesores de ciencias, en las facultades de educación. Muchos de los programas de formación de profesores de ciencias carecen de una clara comprensión de la educación para la sustentabilidad ambiental, desconocen aproximaciones didácticas adecuadas, por lo que muchos profesores de EC se sienten incómodos e incluso se niegan a hablar de temas controversiales o socioculturales en sus aulas, por considerar que se están alejando de los contenidos tradicionales de enseñanza.

Diseñar contenidos de aprendizaje relacionados con lo que es necesario para la vida en un mundo en crisis, en situaciones de grandes problemáticas de injusticia socioambiental, para el desarrollo de capacidades y formación de competencias ambientales, reclama de procesos formativos del profesorado más allá de los estándares de EC desde el enfoque CTS (Mora, 2015) (ver Anexo 1.8).

La línea de investigación del Pedagogical Content Knowledge (PCK), o conocimiento didáctico del contenido (CDC) (Mora y Parga, 2014), han

relacionado el desarrollo profesional didáctico del profesorado respecto al dominio del tema o contenido específico de lo que se enseña, por lo que aparece con gran potencial para la formación del profesorado en educación científico- ambiental. El “Conocimiento del Contenido Pedagógico Ambiental” (EPACK) (Zhou, 2015) presenta una interacción entre tres dominios de conocimiento: Conocimiento Ambiental (CA), Conocimiento de Contenido (CC) y Conocimiento Pedagógico (CP), que son una forma emergente compartida de conocimiento didáctico ambiental (Parga y Mora, 2016).

1.8 A manera de conclusión

Se han presentado bases conceptuales iberoamericanas que ayuden a fundamentar una línea de investigación en educación en ciencias relacionadas con la didáctica ambiental y la justicia socioambiental, frente a problemáticas controvertidas y situadas contextualmente, para lo cual una “educación científica-ambiental” que se enfoca en los valores y creencias de los actores socialmente involucrados cuentan con un efecto positivo en las actitudes para el cambio, permitiendo el desarrollo de capacidades y de formación de competencias para la acción, desde dilemas morales.

1.9 Bibliografía

Andrzejewski J., Baltodano M. P. y Symcox L. (Eds.). (2009). *Social Justice, Peace, and Environmental Education. Transformative Standards*. Taylor & Francis.

Bauman, Z. y Bordonni, C. (2016). *Estado de Crisis*. Barcelona: Paidós.

Bencze, L. y Alsop, S. (Eds.) (2014). *Activist Science and Technology Education*. New York, London: Springer.

Boff, L. (2012). *El Cuidado Necesario*. Madrid: Editorial Trotta. S.A.

Boff, L. (2013). *La sostenibilidad. Qué es y qué no es*. Basauri (Vizcaya): SAL TERRAE.

Boff, L. (2016). *La Tierra está en nuestras manos. Una nueva visión del planeta y la humanidad*. Basauri (Vizcaya): SAL TERRAE.

Elbers, Jörg. (2013). *Ciencia Holística para el Buen Vivir: Una Introducción*. Quito: Centro Ecuatoriano de Derecho Civil (CEDA).

Elizalde A. (2006). *Desarrollo Humano y Ética para la Sustentabilidad*. Medellín: Editorial Universidad de Antioquia.

Funtowicz, S. O, y Ravetz, J. R. (2000). *La ciencia posnormal: ciencia con la gente*. Barcelona, España: Icaria Editorial.

Gough, A. (2002): Mutualism: A different agenda for environmental and science education. *International Journal of Science Education*, 24(11), 1201-1215.

Huanacuni, F. (2010). Buen Vivir / Vivir Bien: Filosofía, políticas, estrategias y experiencias regionales andinas. Lima, CAOI, p 80. Recuperado de: <http://www.dhl.hegoa.ehu.es/recursos/733>

Latouche, S. (2012). *Salir de la sociedad del consumo. Voces y vías del decrecimiento*. Barcelona: Octaedro.

Leff, E. (2007). *Aventuras de la Epistemología Ambiental*. México: Siglo XXI Editores.

Loureiro, C. F., y Soares de Lima, J. G. (2009). Educação ambiental e educação científica na perspectiva Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS): pilares para uma educação crítica. *Acta Scientiae*, 11(1), 88-100.

Mora, W.M. (2011). La Inclusión de la dimensión ambiental en la educación superior: Un estudio de caso en la Facultad de Medioambiente de la Universidad Distrital en Bogotá. Tesis Doctoral Inédita. Universidad de Sevilla (España): Departamento de Didáctica de las Ciencias Experimentales y Sociales.

Mora, W. M. y Parga, D. L. (2014). Aportes del CDC desde el pensamiento complejo. En: A., Garritz; S. Daza, y M. Lorenzo (Eds). *Conocimiento didáctico del contenido: una perspectiva iberoamericana*. pp. 100-143. Saarbrücken, Alemania: Editorial Académica Española.

Mora, W.M. (2015). Desarrollo de capacidades y formación en competencias ambientales en el profesorado de ciencias. *Revista: Tecné, Episteme y Didaxis*, (38), 185-203.

Mora W.M. (2016). Problemas ambientales, ciencia posnormal y ética ambiental. En: D.M. Rodríguez. (2016). *Bioética. Ecología de saberes*. Bogotá: Universidad Libre. pp. 147-162.

Mueller M.P. y Tippins. D. J. (2015). *EcoJustice, Citizen Science and Youth Activism. Situated Tensions for Science Education*. New York: Springer.

Parga, D., y Mora, W.M. (2016). Didáctica ambiental y conocimiento didáctico del contenido en química. *Indagatio Didactica*, 8(1), 777-792.

Pineda D.A. (2015). De un antropocentrismo despótico a una ecología integral: algunos comentarios en torno a la Encíclica "Laudato Sí", del Papa Francisco. *Revista Javeriana*, 818, pp. 65-78.

Rauber I. (Comp.) (2017). *"Laudato Sí". Reflexiones ecuménicas y marxistas para una nueva civilización*. Bogotá: Ediciones desde Abajo.

Ravetz J. R. (2006). Post-Normal Science and the complexity of transitions towards sustainability. *Ecological complexity*. 3, 275-284. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ecocom.2007.02.001>

Riechmann, J. (2014). ¿Cómo cambiar hacia sociedades sustentables? Reflexiones sobre biomimesis y autolimitación. En: J. Riechmann, R. Vega., E.

Rincón., & R. Castaño. (2017). *Tratar de comprender. Ensayos escogidos sobre sustentabilidad y ecosocialismo en el siglo de la gran prueba*. Bogotá: Editorial Universidad Distrital.

Sadler, T. D. (Ed.) (2011). *Socio-scientific Issues in the Classroom. Teaching, Learning and Research*. New York, London: Springer.

Santos, B de S. (2002). *Introdução a uma ciência pós-moderna*. Porto: edições Afrontamento. 6° Ed.

Santos, B de S. (2012). *Una epistemología del Sur*. Buenos Aires: Siglo XXI, CLACSO Coediciones.

Sauvé, L. (2010). Educación científica y educación ambiental: un cruce fecundo. *Enseñanza de las Ciencias*, 28(1), 5-18.

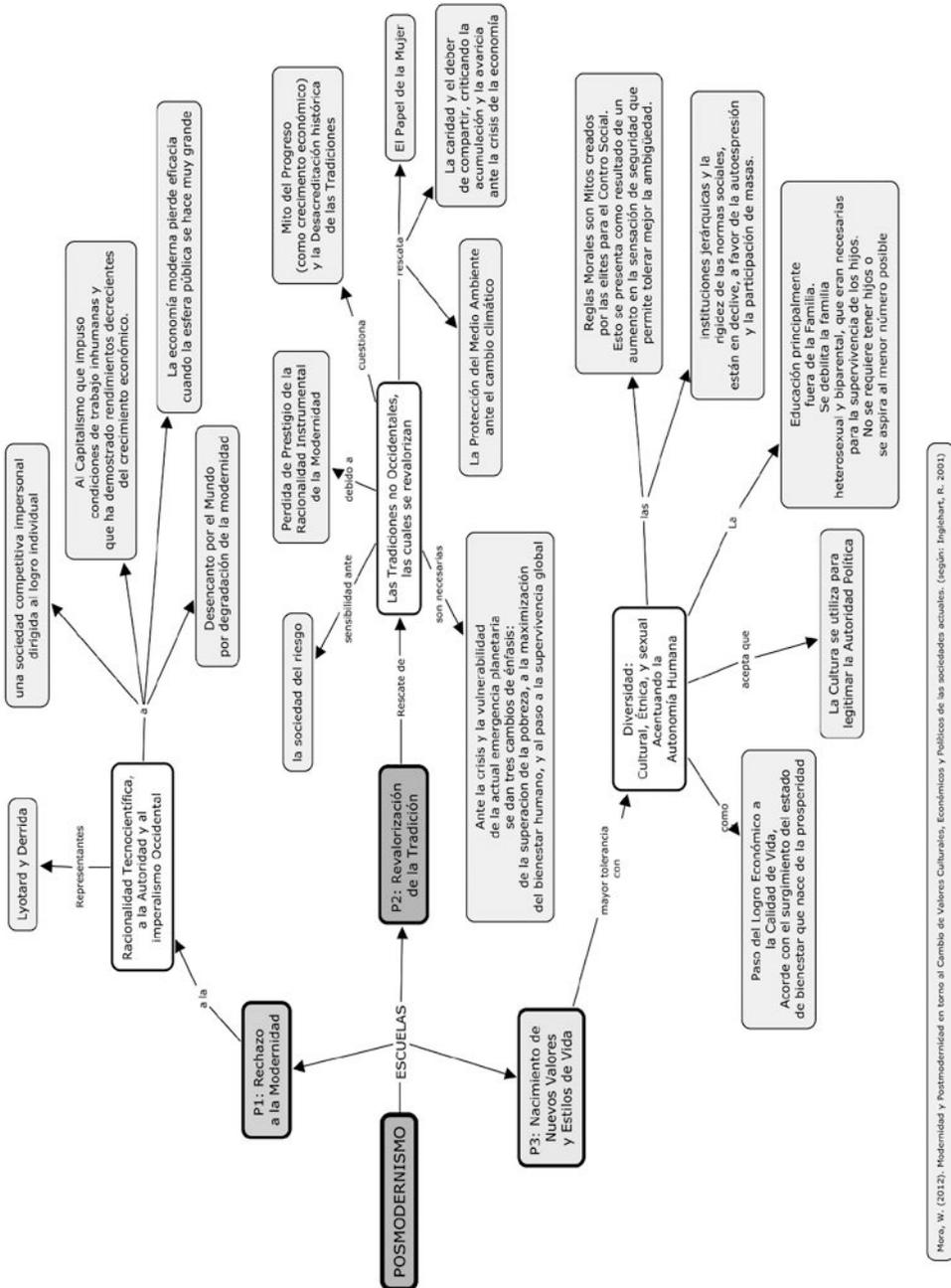
Simonneaux, J. y Simonneaux, L. (2012). Educational Configurations for Teaching Environmental Socio-scientific Issues within the Perspective of Sustainability. *Research in Science Education*, 42(1), 75-94.

Vicente T. (Ed.) (2016). *Justicia Ecológica en la Era del Antropoceno*. Madrid: Editorial Trotta S.A.

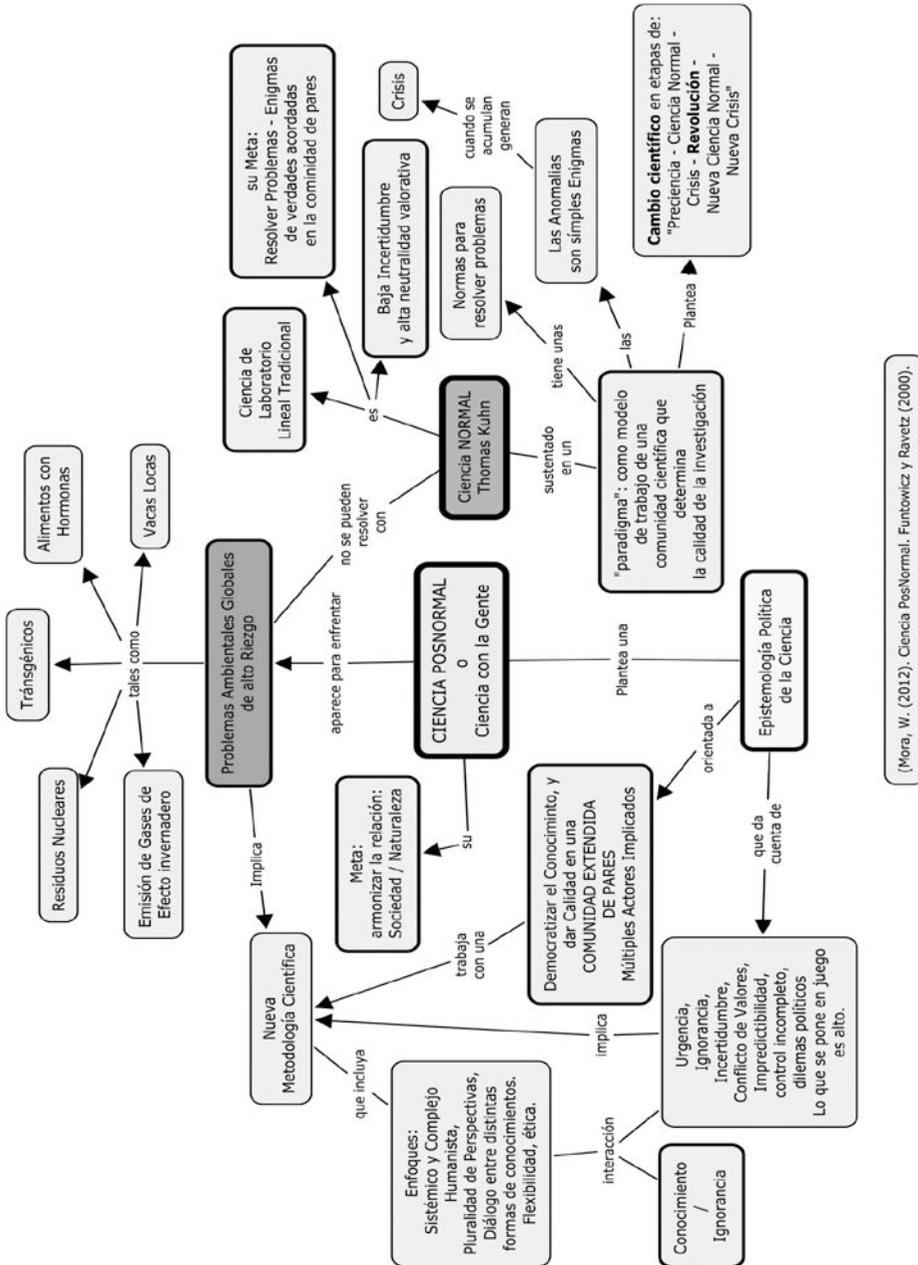
Zhou, G. (2015). Environmental Pedagogical Content Knowledge: A Conceptual Framework for Teacher Knowledge and Development. In: S. K. Stratton., R. Hagevik., A. Feldman y M. Bloom (Eds.) (2015). *Educating Science Teachers for Sustainability*. Chapter 11, pp. 185-204. New York, London: Springer.

Zizek, B. Garz, D. Nowak, E. (Eds.) (2015). *Kohlberg Revisited. Moral Development and Citizenship Education*. Rotterdam / Boston / Taipei: Sense Publishers.

Anexo 1.1 Escuelas posmodernas

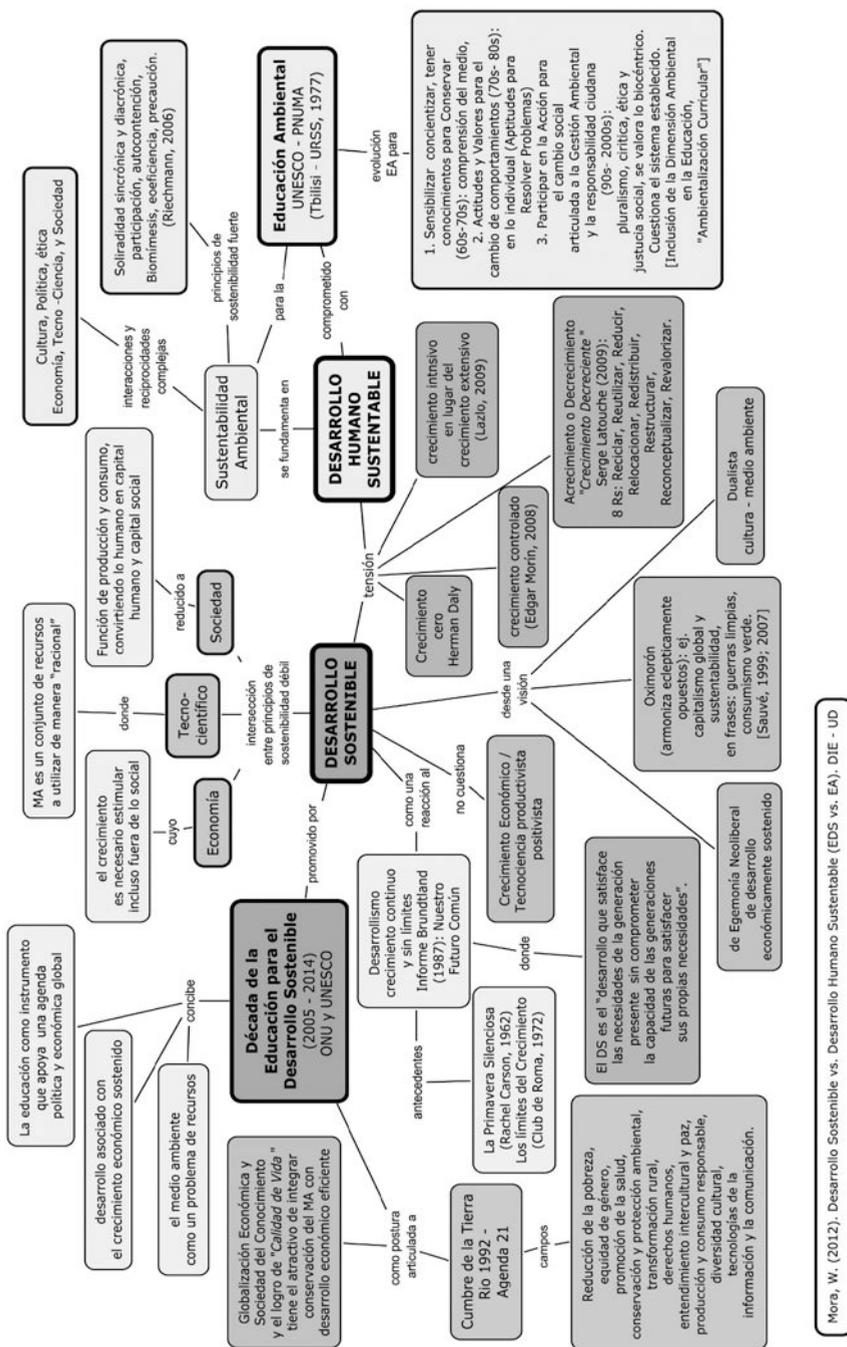


Anexo 1.2 Bases conceptuales de la ciencia posnormal

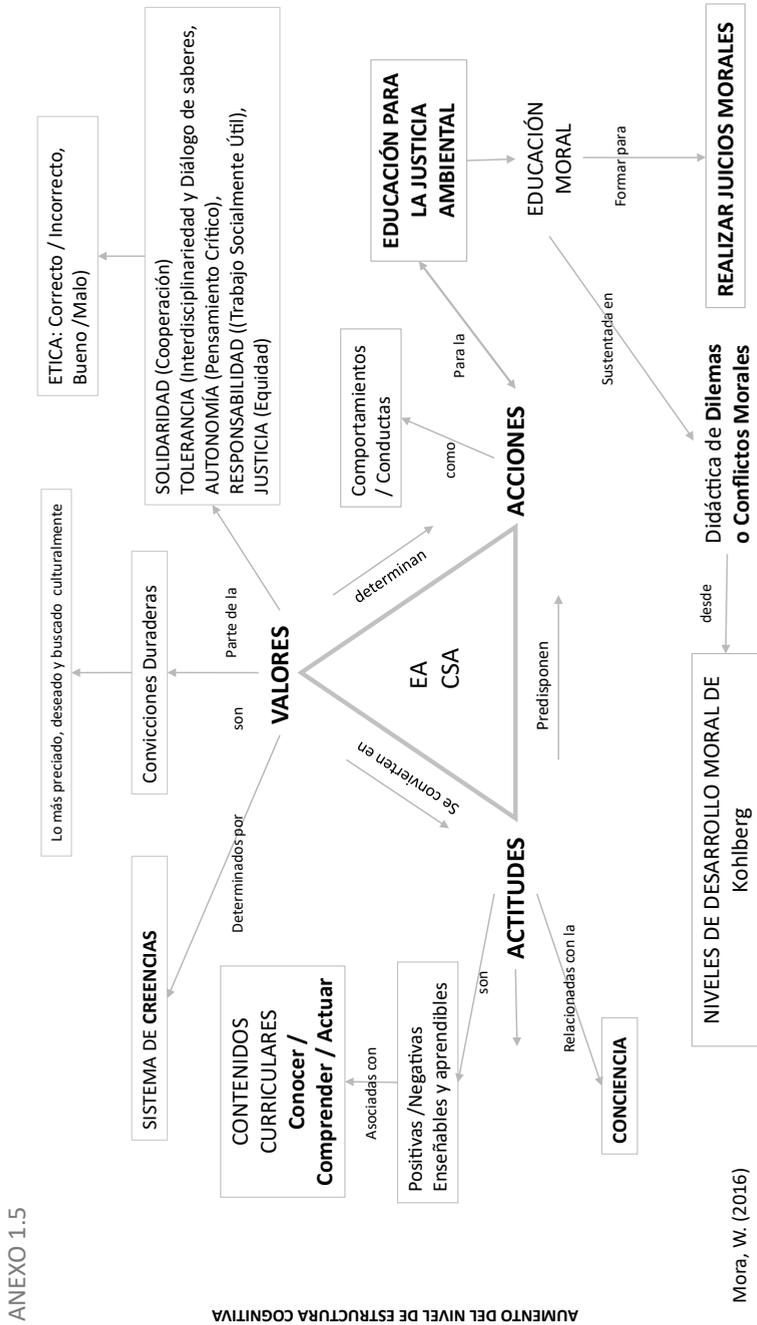


(Mora, W. (2012). Ciencia PosNormal. Funtowicz y Ravetz (2000).

Anexo 1.3 Desarrollo sostenible



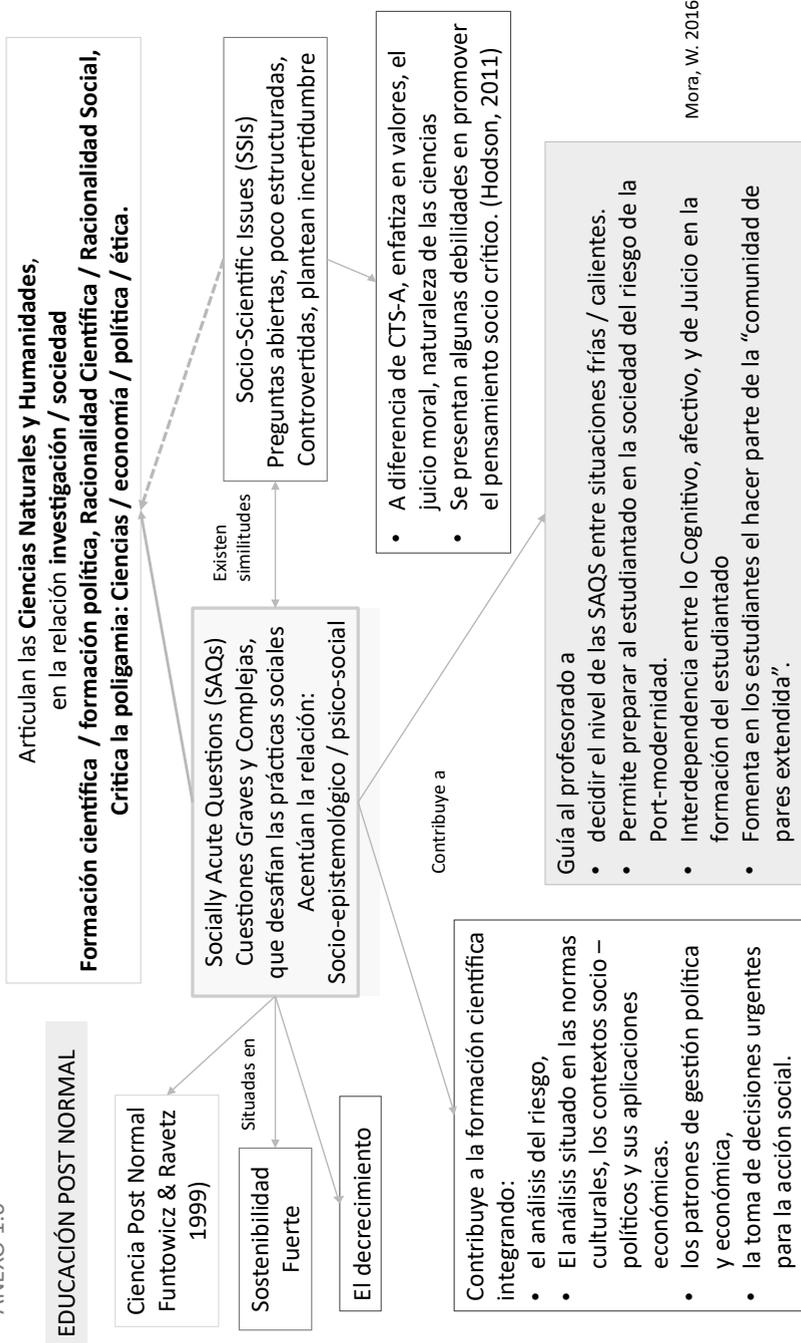
Anexo 1.5 Educación para la justicia socioambiental



ANEXO 1.5

Anexo 1.6 Cuestiones socioambientales

ANEXO 1.6

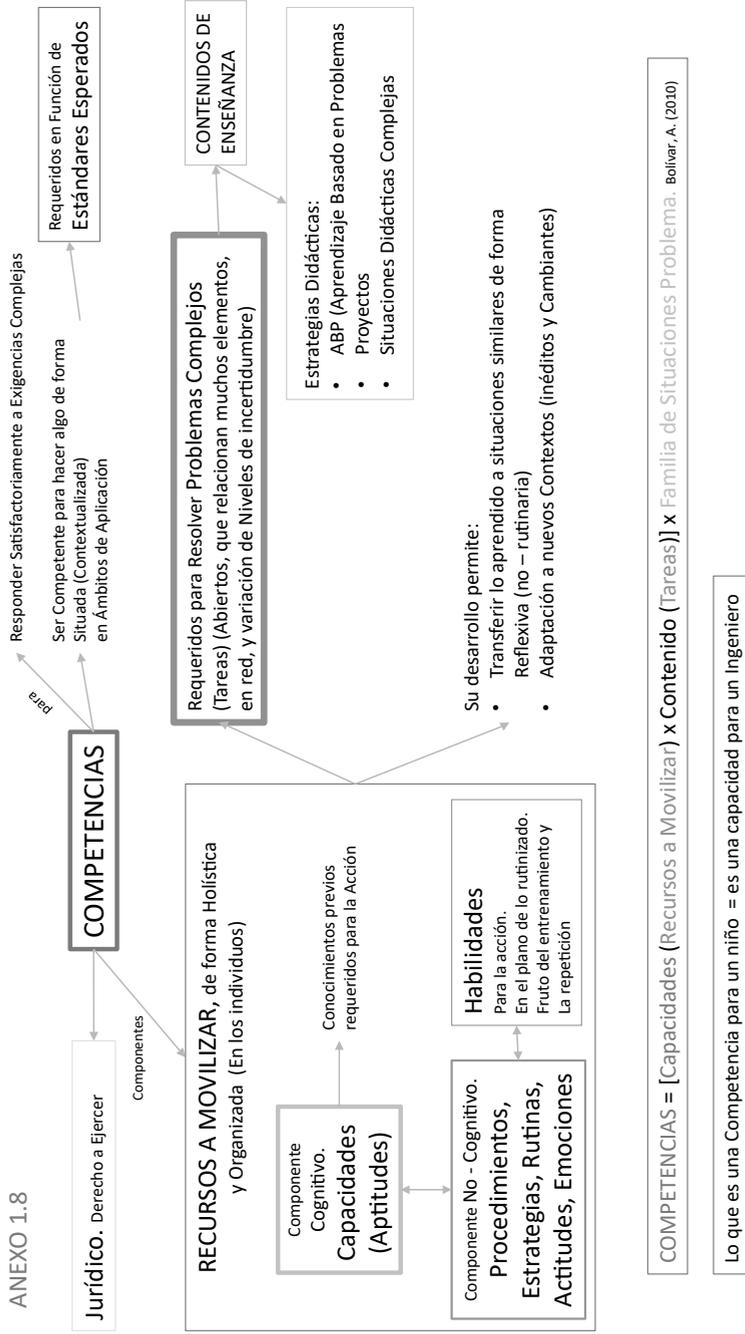


Anexo 1.7 Didáctica ambiental

ANEXO 1.7

CTS Ciencia / tecnología / sociedad	DIDÁCTICA AMBIENTAL			CSV Cuestiones Socialmente Vivas
	CSC Cuestiones Socio Científicas	CSA Cuestiones Socio Ambientales	EA	
EC				
Zona Fría Promoción de la TC	Pensamiento Crítico y Argumentativo para la participación en la toma de decisiones			Zona Caliente Activismo
	Inter Disciplinariedad + Humanismo			
Disciplinariedad "Ciencias Duras": F,Q,B / Ciencias Sociales	Dialogo de Saberes Distintas dimensiones de la Cultura			

Anexo 1.8 Formación en competencias



ANEXO 1.8

Jurídico. Derecho a Ejercer

Componentes

RECURSOS A MOVILIZAR, de forma Holística y Organizada (En los individuos)

Componente Cognitivo.
Capacidades (Aptitudes)

Conocimientos previos requeridos para la Acción

Componente No - Cognitivo.
Procedimientos, Estrategias, Rutinas, Actitudes, Emociones

Habilidades
Para la acción.
En el plano de lo rutinizado.
Fruto del entrenamiento y La repetición

Responder Satisfactoriamente a Exigencias Complejas

Ser Competente para hacer algo de forma Situada (Contextualizada) en Ámbitos de Aplicación

es

COMPETENCIAS = [Capacidades (Recursos a Movilizar) x Contenido (Tareas)] x Familia de Situaciones Problema. Bolívar, A. (2010)

Lo que es una Competencia para un niño = es una capacidad para un Ingeniero

Mora, W. (2018)

2. Soporte teórico de un programa de formación de profesores para la generación de cambio didáctico*

Jair Zapata Peña¹

Carlos Javier Mosquera Suárez²

Graciela Utges³

2.1 Introducción

Este trabajo es producto de una tesis doctoral que presenta una propuesta basada en la formación de profesores para la generación del cambio didáctico, a partir del uso de dos elementos diferenciadores; por un lado, el uso del contexto histórico de la física y, por otro, las implicaciones e incidencia del contexto profesional donde se enseña la física (Zapata, 2017; Zapata y Mosquera, 2017). El capítulo está dividido en tres partes, a saber: en la primera parte se discute cómo se ha desarrollado la inclusión de la historia y filosofía de las ciencias en la enseñanza de las ciencias, describiendo aspectos que generaron su inclusión, como la crisis de la educación científica y las implicaciones curriculares. En la segunda parte se hace un acercamiento a las relaciones CTS en el contexto de la enseñanza de las ciencias, para identificar posteriormente implicaciones de la física en los contextos de aplicación y desarrollo científico y tecnológico (Zapata, 2016). Finalmente, se hace una discusión sobre la formación de profesores y el cambio didáctico, que pudieran aportar elementos teóricos para las interpretaciones

² Doctor en Educación. Profesor Universidad Libre, Bogotá-Colombia, jzapata25@gmail.com

³ Doctor en Didáctica de las Ciencias Experimentales. Profesor Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Bogotá-Colombia, cmosquerasuarez@gmail.com

⁴ Doctora en Educación. Profesora FCEIA Universidad Nacional de Rosario. Rosario-Argentina, grautges@gmail.com

* Este capítulo es derivado del proyecto de investigación doctoral titulado “El contexto profesional en la enseñanza del electromagnetismo desde una perspectiva histórica en programas universitarios diferentes: implicaciones para el cambio didáctico”.

posteriores sobre la epistemología personal docente y el cambio didáctico generado (Carnicer, 1998).

2.2 La historia y filosofía de las ciencias en la enseñanza de las ciencias

La inclusión de la historia y filosofía de las ciencias (HFC) en la enseñanza de las ciencias ha girado alrededor de dos problemas: el primero, referido a la justificación de la pertinencia de la HFC en la enseñanza de las ciencias, bajo el argumento de que dicha inclusión favorece los aprendizajes desde la perspectiva conceptual (Conant, 1957; Holton, 1978) y valorativa de las ciencias (Gil, 1993; Izquierdo, 1994; Duschl, 1997; Hottecke, *et. al.*, 2010); el segundo problema referido a la construcción de modelos didácticos de los procesos de enseñanza de la ciencia desde la orientación de la HFC (Mellado y Carracedo, 1993).

Cuando se habla de la inclusión de la HFC en la enseñanza de las ciencias, implica tener en cuenta, por un lado, los problemas que involucra la enseñanza de la ciencia en ausencia de la HFC y, por otro, visibilizar los beneficios que tiene incluirla. En relación con los problemas de la enseñanza de la ciencia en ausencia de la HFC, se ha identificado que en general en la enseñanza habitual de las ciencias están ausentes aspectos históricos, lo que transmite a los estudiantes una imagen deformada de la actividad científica. La mayoría de los alumnos creen que la ciencia consiste en descubrir una realidad preexistente e ignoran el papel fundamental del trabajo científico, el cual busca la construcción de modelos teóricos explicativos para interpretar los comportamientos de la naturaleza, a partir de la resolución de problemas, la investigación de hipótesis y la edificación de conceptos. Así mismo, se hace evidente que los aspectos históricos están ausentes en la mayoría de los libros de texto y los pocos que los incluyen lo hacen de forma superficial (Gagliardi y Giordan, 1986; Sánchez Ron, 1988; Izquierdo, 1994). De igual manera, cuando se trabaja la inclusión de la HFC en la enseñanza de las ciencias, generalmente se suele caer en errores como incurrir en visiones anacrónicas del pasado (García, 2011), lo que puede generar juicios a priori o interpretaciones erróneas de la historia, al mirar el pasado con los ojos del presente.

En referencia a los beneficios que conlleva la inclusión de la HFC en la enseñanza de las ciencias, es importante destacar algunos aspectos relevantes sobre cómo esta inclusión contribuye al aprendizaje conceptual y de valoración de la ciencia como una construcción de conocimientos. Estos aspectos pueden enmarcarse en dos escenarios, los asociados con la enseñanza y los componentes curriculares y los relacionados con el aprendizaje en la formación del estudiante. Sobre los aspectos curriculares y de enseñanza es posible identificar cómo la contribución de la HFC permite favorecer las reconstrucciones curriculares a la luz de los obstáculos epistemológicos, mejorar la significatividad que los estudiantes les dan a los problemas que se le plantean cuando estos se ambientan desde el contexto histórico y proporcionar una mejor información sobre las dificultades de los estudiantes, relacionadas con las de la historia misma.

Por otro lado, la inclusión de HFC puede contribuir al favorecimiento de una imagen crítica de la ciencia en el aprendizaje de los estudiantes, visibilizada como una construcción de conocimientos que no están acabados y que permanecen en constante refinación; además, entender que esta construcción ha estado marcada por el aporte de muchos pequeños y grandes científicos que la han consolidado a través de la historia y que no puede verse como una creación individual de algunos pocos genios. La ampliación de este panorama sobre la visión de ciencia posibilita también extender el horizonte hacia las interacciones CTS a través de la historia, con las implicaciones ideológicas, religiosas, sociales y tecnológicas desde las que se han construido. Todos estos aspectos logran nutrir los conocimientos de los estudiantes para identificar y caracterizar los acontecimientos sobre las crisis de la ciencia y los cambios de paradigmas, aportando a un adecuado cambio en las concepciones alternativas de los estudiantes (Solbes y Travel, 1996).

Una de las propuestas relevantes sobre la inclusión de modelos didácticos para la enseñanza de la ciencia orientados por la HFC, se encuentra en el trabajo de Izquierdo, Audúriz-Bravo y Quintanilla (2007) enfocada a la formación de profesores. En ella se plantea la necesidad de actualizar el conocimiento profesional del profesorado de ciencias en formación y en ejercicio a través de una inmersión en la historicidad de la disciplina a enseñar, en tanto que se reconoce que profesores y científicos desconocen y se muestran apáticos a realizar análisis críticos y reflexivos de los sucesos históricos, dando prelación a la formación técnica y algorítmica. A esto se suma la ausencia de la HFC en los contenidos educativos de todos los niveles, inclusive es notoria la persistencia de concepciones dogmáticas e

instrumentalistas de la ciencia en centros de docencia e investigación, lo que se refleja en la carencia de investigaciones y publicaciones suficientes en relación con la HFC y la educación científica.

2.2.1 Inclusión de la HFC en la enseñanza de las ciencias

La emergencia de la incursión de la historia y la filosofía de las ciencias en la enseñanza de las ciencias, surgió como complemento necesario en la configuración de las ciencias, que buscaba acercarla de mejor manera al conocimiento científico de la sociedad. Pero esta inclusión no fue sencilla ni rápida, requirió que se dieran algunas crisis en la educación científica y dentro de las mismas fueron evidentes las carencias en las construcciones y concepciones históricas y filosóficas de las ciencias, que originaron, entre otras cosas, contenidos científicos descontextualizados, los cuales generaron por algunas décadas (inclusive actualmente) una visión positivista y absolutista de la ciencia (Matthews, 1998).

Una de las primeras crisis de la educación científica tuvo lugar en las reformas educativas de finales de los años 50 y principios de los 60, las cuales tenían como uno de sus principales objetivos la creación de “pequeños científicos” (Roberts y Russell, 1975). En estas propuestas sobre la educación científica, aprender sobre la naturaleza de la ciencia, su historia, filosofía y contexto social estaba en un segundo plano, lo importante era saber de ciencia y hacer ciencia. Esta crisis tuvo como uno de sus orígenes, las políticas planteadas por algunos países que veían en la educación científica una potencial estrategia para aumentar sus desarrollos en ciencia y tecnología, e incrementar la población de científicos en sus filas. La crisis generada por la Guerra Fría y las carreras espaciales de las décadas de los 50 y 60, que buscaban la conquista del espacio y el posicionamiento de las naciones como potencia mundial, movilizó a algunos países a la generación de propuestas educativas que buscan incluir la enseñanza de las ciencias dentro de un papel protagónico en la educación escolar y universitaria.

Por un lado, aparecieron propuestas como la desarrollada en Estados Unidos con el Proyecto de Ley de Educación para la Defensa Nacional (National Defense Education Bill) en 1958, que ponía en práctica nuevos cursos de ciencias como el PSSC e IPS para Física, BSCS para Biología, CBA y CHEM Study para Química y el ESCP para las Ciencias de la Tierra. Estos proyectos se caracterizaron por el desarrollo de material especializado, como libros

didácticos, manuales de laboratorio, guías para el profesor, equipos de laboratorio, videos educativos, lecturas complementarias, materiales dirigidos a alumnos especiales, entre otros. Todos orientados a promover la formación de nuevos científicos desde la educación en la escuela, seguido de la educación en la universidad. Como crítica a este modelo, se encontró que estos cursos generalmente estaban diseñados para potenciar a los estudiantes más brillantes o a los más interesados por las ciencias y no para involucrar o rescatar a la población estudiantil del común (Matthews, 1991).

De acuerdo con Matthews (1991), estos proyectos educativos buscaban dar relevancia al papel de las ciencias y se pusieron en práctica, además de Estados Unidos, en Inglaterra y Australia, con los planes Nuffield (cursos de biología, física y química) y los cursos de Messel y ASEP (Australian Science Education Project), respectivamente. Como el objetivo de estos cursos era crear científicos, el método que primó para su desarrollo fue el método constructivista de “aprendizaje por investigación” de Bruner, el cual, de acuerdo con sus propósitos, se acercaba de mejor manera al método real que utilizaba el científico.

Además de estos proyectos, se conforman organizaciones para promover la educación científica como la Asociación Británica para la Educación Científica (Association for Science Education, ASE), las Asociaciones Británica y Americana de la Historia de la Ciencia, la Asociación de Maestros de Ciencias (Science Masters Association), la Asociación de Profesoras de Ciencias, la Asociación Americana para el Avance de la Ciencia (American Association for the Advancement of Science), entre otras. Dichas organizaciones buscaban tomar partido de las reformas educativas debidas a las situaciones generadas con los desarrollos que sobre la enseñanza de las ciencias se hacían protagónicas y definían los horizontes de la educación.

Dentro del surgimiento de estos movimientos y proyectos educativos se encuentran algunos referentes importantes que favorecieron la inclusión de la HFC como elemento inherente a la enseñanza de las ciencias. Uno de ellos fue el poco éxito alcanzado por estos cursos, encontrándose que, a pesar de los esfuerzos, la intencionalidad de los cursos estaba demasiado enfocada en los estudiantes brillantes, originando como efecto colateral el dejar más rezagados a los estudiantes promedio, sin conseguir el objetivo que era lograr promover y potenciar la actitud científica en la mayor cantidad de alumnos posible. La problemática se profundizó por la manifiesta falta de interés y comprensión de los profesores por la naturaleza de la ciencia (NC), revelado

en un estudio de la ASE en 1963, el cual mostraba desconocimiento de los profesores por la enseñanza de la ciencia contextual, entendida esta como el contexto social, histórico, filosófico, ético y tecnológico que, de acuerdo con Matthews (1994), puede entenderse mejor como “una enseñanza sobre la ciencia y en la ciencia”. Posteriormente, esta misma entidad británica en sus informes (Alternatives for Science Education 1979 y Education Through Science 1981), recomendaban la incorporación de la historia y la filosofía dentro de los contenidos de ciencias, así como una ampliación en relación con la problemática de los profesores, pero ahora desde la evidencia.

En consecuencia, en 1981 y 1983 la ASE encuentra que no es suficiente tratar de llevar una educación científica al alcance de todos a través de proyectos como el Science and Society (Ciencia y Sociedad) de 1981 y Science in its Social Context (Ciencia en su Contexto Social) de 1983, propuestos por esta misma entidad, reconociendo explícitamente la importancia de la historia y la filosofía de la ciencia en la educación en ciencias. A esta postura se suma la Junta Nacional para la Revisión de Programas Científicos de Enseñanza Secundaria (National Secondary Science Curriculum Review), afirmando que se hace necesario que los estudiantes reciban en el marco de sus currículos de ciencias un conocimiento sobre el desarrollo histórico de las teorías y principios científicos, con el objetivo de lograr un acercamiento a la ciencia desde una postura más constructivista, que discuta y presente la ciencia como una construcción de conocimientos.

Estas posturas aparecían acordes con los principios filosóficos que empezaban ya a tomar fuerza por esta época, al igual que los desarrollos científicos en el marco del contexto histórico, de modo que se tuviera en cuenta, por ejemplo, la ciencia como cambios de paradigmas (Kuhn, 1970) o la ruptura y sobrepaso de los obstáculos epistemológicos (Bachelard, 1976) para que el conocimiento se concibiera como un producto de la actividad del sujeto y no la reproducción del mundo de las cosas. Ello permitió fundamentar evidencias de la ciencia desde la dinámica de la construcción de modelos para interpretar y describir el comportamiento de los fenómenos más que para descubrir verdades de la naturaleza.

Aunque la problemática descrita se dilucidaba entre los años 50 y 80, se encuentra que recientemente trabajos como el de Hottecke *et al.* (2010) plantean cómo actualmente existe una deficiencia por la aplicación de la enseñanza de las ciencias desde la filosofía e historia. Esto se debe principalmente a una serie de obstáculos que impiden una adecuada implementación de la HFC

en la educación formal, caracterizados por profesores que siguen creencias acerca de la enseñanza y el aprendizaje con orientaciones tradicionales, lo cual origina una carencia de habilidades profesionales para enseñar acerca de la naturaleza de la ciencia (NC) y HFC. Asimismo, es notoria la deficiencia en el desarrollo de planes de estudio que involucren HFC y, además, la falta de libros de texto que introduzcan HFC y NC en sus contenidos.

Hace más de dos décadas, Duschl (1997) reconocía como un problema en los programas de formación de profesores de ciencias la falta de una rigurosa introducción sobre cómo establecer la relación entre la estructura del conocimiento, los métodos de la lógica, los métodos de análisis empírico con los criterios para analizar las teorías científicas, así como los principios psicológicos del aprendizaje. Estas relaciones pueden ser establecidas o comprendidas de una mejor manera si se cuenta con una adecuada formación en HFC, lo que permitiría interpretar y comprender de mejor forma el vínculo entre el desarrollo del conocimiento en los individuos y en las disciplinas, interpretado esto como el vínculo entre la psicología y la epistemología.

2.2.2 La HFC y su relación con el currículo

La inclusión del estudio de la HFC en la enseñanza de las ciencias tiene su origen en la crisis de los procesos de enseñanza dados en dos momentos históricos. El primero, luego de la Segunda Guerra Mundial, durante los años 50 y 60, cuando se hizo necesario incrementar los cursos de ciencias especializados con los que se pretendía aumentar los conocimientos de la ciencia y la población de científicos, pero que originó éxitos de formación solo a unas pocas mentes privilegiadas para la ciencia. El segundo, que se dio durante los años 80, cuando el rápido avance de la ciencia y la tecnología incrementaba la distancia entre la élite científica y el común ciudadano iletrado de la ciencia (Duschl, 1994), lo que implicó retos para los profesores y los diseños de los currículos, en busca de disminuir la distancia entre el saber de los expertos y el saber de los profesores, estudiantes y ciudadanos del común.

La emergencia de la historia de las ciencias como una disciplina académica tuvo su origen a mediados del siglo XX en Estados Unidos y Europa. George Sarton es reconocido como el precursor de los primeros estudios históricos sobre el desarrollo de la ciencia y quien fundó la primera revista en este tema (Isis: International Review Devoted to the History of Science

and Civilization) al igual que el primer programa doctoral en Historia de la Ciencia en Estados Unidos en la Universidad de Harvard. Sarton promovió un estilo de hacer historia más allá de la acumulación cronológica de desarrollos científicos, propuso una metodología orientada a la comprensión de los acontecimientos históricos sociales y personales, mediando el trabajo de los científicos en la búsqueda de explicaciones.

De esta manera, Harvard se empezó a convertir en referente fundamental para la comprensión de las ciencias desde los referentes históricos. En cabeza de su presidente Janies B. Conant, quien promovió no solo cursos de historia de la ciencia para no científicos, sino que, además, escribió reconocidos libros utilizados en cursos de ciencias como *Understanding Science: An Historical Approach* (1947) y *Harvard Case Histories in Experimental Science* (1957). Conant es también reconocido por Thomas Kuhn como su iniciador en el estudio de la historia de la ciencia, desde la epistemología y la filosofía de ciencia. Estas miradas históricas que comprendían aportes filosóficos, epistemológicos y sociales para una perspectiva no solo conceptual sino valorativa de las ciencias, fueron también influyentes en Gerald Holton, quien a raíz de un curso que tuvo que liderar sobre educación general desde la perspectiva de la historia de la ciencia, reconoce haberse involucrado en esta disciplina. Holton, además, desarrolló el Harvard Project Physics Course (Curso de Física del Proyecto Harvard) para la enseñanza secundaria, caracterizado por considerar seriamente la historia y el contexto cultural de la ciencia (Holton, 1978). Particularmente en el área de la física, el Curso de Física Proyecto Harvard se consolidó como uno de los de mayor éxito en América del Norte a mediados de los años 70. La motivación de los alumnos radicaba en que la mirada a través de la historia de la ciencia les mostraba cómo se desarrollaron los conocimientos de la física, distanciados de los marcos rígidos de la ciencia positivista, para poder presentar una visión social, contextual e histórica de la búsqueda del conocimiento científico (Matthews, 1991).

Adicionalmente, como otros episodios sobresalientes en las aportaciones curriculares de la HFC, se encuentran otros movimientos importantes como el reconocimiento a la utilidad de la historia de la física en la enseñanza de la física, promovido en los años 60 por la International Commission on Physics Education y que en los años 70 continuó la expansión en más escenarios académicos, con la aparición de la sección de historia de la física en los contenidos de la American Physical Society. De igual forma, la History of Science Society abrió un espacio sobre educación, estableciendo

un Comité de Educación con el cual se logró generar un espacio de investigación para desarrollar estudios históricos que pudieran ser llevados a las clases de ciencias. En relación con la biología, se resaltan programas como el Estudio Curricular de Ciencias Biológicas (Biological Science Curriculum Study, BSCS), desarrollado a inicios de los años 60 en diferentes países, el cual se fundamentó en la ciencia como indagación y enriquecido con una considerable documentación histórica (Matthews, 1994). Con respecto a la química, se debe mencionar que la introducción del aporte histórico de la misma a su enseñanza se ha caracterizado por tener una mayor resistencia, y aunque existen trabajos al respecto, no han tenido el impacto y despliegue mundial como el de otras áreas, por ejemplo, los que se han descrito para la enseñanza de la física; además, no se profundizó en este tema, considerando que no hace parte de los intereses de esta investigación.

2.3 Enseñanza de las ciencias en el contexto CTS

Como se planteó en secciones anteriores, la búsqueda de una enseñanza de las ciencias contextualizada desde lo histórico, hace necesario recurrir a los elementos externalistas de la historia, que hacen referencia a esa historia social, la misma que se nutre de elementos de los contextos científicos, tecnológicos y sociales, esto considerando que si se quiere mirar la historia a partir de los aportes de su desarrollo para con la sociedad no es posible dejar de lado o sencillamente tratar de aislar alguno de estos tres entornos, porque todos y cada uno de ellos son necesarios y han influenciado de distintas maneras el avance de la historia de las ciencias y, por consiguiente, el avance de la física. A continuación, se presenta un desarrollo que busca mostrar una mirada sobre cómo se ha concebido la construcción de las relaciones CTS hacia el contexto de la enseñanza de las ciencias.

2.3.1 El movimiento CTS

A mediados del siglo XX, se plantea la necesidad de un cambio en la concepción de la enseñanza de la ciencia pura hacia un proyecto que involucraba las ciencias y sus implicaciones tecnológicas y sociales denominadas como relaciones CTS. El movimiento CTS nace en Norteamérica en los años 60 cuando se develaba la existencia de dos culturas, la científica y la humanista, dentro de una crisis por tratar de dar sentido a los desarrollos científicos

y su incursión en la sociedad. De acuerdo con Membiela, este movimiento fue el producto de la crisis generada por las críticas de diferentes influyentes en el campo intelectual como:

C.P. Snow, que planteaba la situación como dos culturas emergentes, la científica y la humanista; Dennis Meadows, hacía alusión a los límites del crecimiento; Lewis Mumford discutía sobre las consecuencias sociales de la tecnología; Rachel Carson hacía relevancia a la creciente problemática ambiental, y Schumacher e Illich planteaban el impacto de la tecnología en la sociedad. (2002, p. 91).

De acuerdo con Membiela, fueron estos críticos puntos de vista, entre otras cosas, los que contribuyeron e influyeron de forma determinante en el surgimiento de estos nuevos movimientos como el CTS, orientados a generar cambios sobre cómo la sociedad concibe la ciencia y cómo la ciencia debe concebir la sociedad.

El surgimiento del movimiento CTS se da a partir de la interrelación de tres sistemas: técnico-científico, sociocientífico y sociotecnológico, los cuales se manifiestan como un sistema dinámico en el que sus relaciones de correspondencia develan las implicaciones que cada uno de los factores tiene en los otros dos. Estos se abordan, no solo desde la investigación en enseñanza de las ciencias, sino desde ambientes de influencia política, cultural y ambiental a nivel mundial. Si se analizan las interacciones de estos tres sistemas, es notorio encontrar las diversas dinámicas de vínculo que se dan entre ellas y cómo estas conducen a conformar un mayor andamiaje de interacción en el que actúan conjuntamente las tres: ciencia, tecnología y sociedad.

De primera mano, la relación entre la ciencia y la tecnología, denominada también como sistema Técnico-Científico (TC), se debe ver como una relación orgánica en la que prevalece la dependencia mutua. Aquí se tiene en cuenta que la esencia de la tecnología no es la dimensión ontológica, y la dimensión pragmática no es la esencia de la ciencia. Para entender cómo se ha consolidado y funcionado esta relación entre ciencia y tecnología a través de la historia, es necesario identificar a qué se denomina como ciencia moderna y ciencia posmoderna. Así, la ciencia moderna se reconoce como la que emerge del Renacimiento, en la cual se pasa de una ciencia donde la mayoría de los científicos del siglo XVI eran técnicos, a una concepción científica más elaborada, caracterizada por la matematización, la interacción experimental y la invención tecnológica proveniente de reconocidos científicos como Copérnico, Galileo, Bacon y Descartes.

La ciencia actual o tecnociencia se reconoce como la ciencia posmoderna, la cual se ha venido reconstruyendo desde el Renacimiento hasta tomar fuerza en el siglo XX, con los desarrollos científicos y tecnológicos utilizados en las guerras mundiales, en los que la ciencia y la tecnología no son abordadas como entidades separadas, sino como un sistema cognitivo para la producción de nuevos conocimientos. Así, la ciencia actual se concibe como un modo de acción que debe ser integrado por la ciencia y la tecnología bajo una simbiosis que permea la vida diaria, reconstruyendo y modificando las interpretaciones del mundo y la forma en que el hombre se integra dentro de él, al influenciar culturalmente las formas de pensar y de comportarse (Santos, 2002; Aikenhead, 2003).

De esta manera, la ciencia y la tecnología son interdependientes debido a que los avances de una se transforman en avances de la otra, a través de recursos mutuos o instrumentos usados entre ellas, que las convierte en condición y consecuencia una de la otra, de tal manera que ambas recurren a procesos y conocimientos existentes, para avanzar o refutar, evocando una interdisciplinariedad que requiere equipos humanos donde intervienen técnicos y científicos, encontrándose concretamente que en la ciencia estratégica se ha privilegiado el aspecto operativo, lo que la ha acercado a la tecnología (Santos, 2002; Esteban, 2003).

Las relaciones entre ciencia y sociedad que dan origen al sistema Socio-Científico (CS), representa las relaciones existentes entre las estructuras lógicas del conocimiento científico y el contexto de la sociedad, en el que los impactos éticos, filosóficos, culturales, políticos, económicos y educativos de los desarrollos científicos son tan amplios y diversos que no es posible pasarlos por alto sin tener en cuenta las interacciones actuales de la ciencia en la sociedad y viceversa.

Desde esta perspectiva, la ciencia moderna y la posmoderna juegan unos roles diferentes en su concepción. De acuerdo con Santos (2002), la ciencia moderna privilegia la idea de la ciencia pura en la cual su horizonte está delimitado exclusivamente por la búsqueda de la verdad a través de unos métodos y razones propias, sin tener en cuenta el papel del contexto social. Se diferencian claramente dos contextos académicos, el de la producción de conocimiento y el de aplicación, entendiéndose este último como aquel en donde los conocimientos son utilizados de diversas maneras. En la ciencia posmoderna se percibe el trabajo de los científicos en un contexto más social, saliendo del encajamiento del contexto disciplinar. Esta nueva forma de ver

la ciencia se caracteriza por la transdisciplinariedad, que tiene en cuenta el saber práctico y el sentido común en el que la ciencia opera, evidenciándose además las relaciones culturales, éticas y sociales presentes (Gibbons *et al.*, 1994; Santos, 2002), lo cual se enmarca también de acuerdo con Hennessy (1993) y Young (1994), como las relaciones e implicaciones de los ámbitos donde la ciencia se desenvuelve, en el marco de las tendencias curriculares de la cognición situada.

Finalmente, es interesante analizar que de acuerdo con Santos (2002), las relaciones de interdependencia entre la ciencia y la sociedad presentarían una mayor claridad si en la enseñanza de las ciencias se buscara mejorar o consolidar de una mejor manera aspectos trascendentales como la comprensión pública de la ciencia, las implicaciones entre acciones prácticas con la toma de decisiones, el situar el conocimiento científico en las prácticas cotidianas, la comprensión de la ciencia como empresa social, el promover una aproximación cultural de la ciencia y diferenciar entre ciencia, pseudociencia y no ciencia.

En el tercer sistema, de interacción de las relaciones entre tecnología y sociedad, denominadas como el sistema Sociotecnológico (ST), la técnica deja de ser neutral y se deben tomar en cuenta los lazos sociales que unen la tecnología con la sociedad, y aunque la técnica tenga un lazo de interacción con la ciencia, es más fuerte su lazo con la sociedad, debido a que su intervención modifica directamente los comportamientos sociales (donde se hacen ahora relevantes los momentos históricos), los conceptos intelectuales y el contexto cultural en los que se hace uso de la tecnología. Para estas interacciones es importante ver también que las decisiones tecnológicas no solo dependen de los criterios y conocimientos científicos, sino de otros tipos de conocimientos de importancia social y de las maneras como la técnica se sumerge en la sociedad. Por lo tanto, como lo plantea Lévy (1992), citado por Santos (2002), la crítica de la técnica no puede reservarse a los técnicos, si se considera que la naturaleza de las interrelaciones existentes de la técnica se caracteriza por tener influencia de factores humanos, sociales, culturales físicos y biológicos que participan de ella.

Como resultado a esta serie de interacciones, en los respectivos sistemas descritos, técnico-científico, sociocientífico y sociotecnológico, surge un sistema más complejo en el que ahora se articulan las tres para conformar el denominado sistema CTS, que define las relaciones epistemológicas,

axiológicas y pragmáticas que se presentan entre estos tres factores, los cuales están inmersos en una simbiosis de causas y efectos de unos sobre otros.

El movimiento CTS en la enseñanza de las ciencias muestra que el medio sociocultural juega un papel fundamental en los cambios de comportamientos de la ciencia y la tecnología, los cuales a su vez trascienden a cambios sociales que no pueden estar lejos de los currículos. En esta mirada, la alfabetización científica y tecnológica se piensa desde el convencimiento del estudiante como un ciudadano que tiene derecho a instruirse para interpretar y tomar partida de las incursiones intelectuales que la ciencia y la tecnología puedan tener para con sus vidas (Solbes, Vilches y Gil, 2002).

2.3.2 Relaciones CTS en el contexto de la enseñanza de las ciencias

El papel de las relaciones CTS en la enseñanza de las ciencias se ha convertido en un aporte fundamental para la amenización de la imagen de las ciencias para los estudiantes, debido a la gran apatía que estos presentan ante el aprendizaje de las ciencias (Pozo y Gómez, 1998). Así, dentro de las finalidades de las relaciones CTS en la enseñanza de las ciencias, se busca tener ciudadanos científica y tecnológicamente alfabetizados, capaces de tomar decisiones y acciones responsables para con la sociedad o como lo definen algunas otras corrientes, alcanzar el pensamiento crítico y la independencia intelectual (Rubba y Wiesenmayer, 1988). Sin embargo, a pesar de la gran cantidad de trabajos que se encuentran sobre las interacciones CTS e incluso su ampliación CTSA (que agrega el factor ambiental), se muestra con preocupación que, aunque se han promovido investigaciones en esta línea, se pone de manifiesto que las interacciones CTSA tienen una baja incursión en la enseñanza secundaria y mucho menor en la superior (Solbes, Vilches y Gil, 2001).

Se plantea la necesidad de un cambio de concepción sobre la enseñanza de la ciencia pura, a una concepción que discuta las problemáticas científicas desde el enfoque CTS y su relación con los diferentes contextos profesionales. El requerimiento de estos cambios en la educación científica debe estar dirigido a la incorporación del enfoque CTS en los contextos profesionales, que generalmente se hace con una visión desproblematizada de los conocimientos científicos, olvidando aspectos históricos, sociales, éticos, etc., como se discutió en el capítulo uno. De acuerdo con esta urgencia, en los cambios curriculares se encuentra que uno de los principales problemas

sobre los materiales curriculares en CTS es su notoria escasez, debido principalmente a la falta de tiempo y disposición de los profesores para su diseño (Membiela, 2002). Además de esta problemática y en relación con los materiales de apoyo para los docentes, se evidencia cómo en los libros de texto los temas asociados con CTS solo se presentan al final del capítulo o en los apéndices con algunas intervenciones sobre actualidad científica, pero los contenidos siguen presentándose de forma descontextualizada en tanto a las relaciones CTS.

Sobre las causas de estas distancias entre los diseños curriculares y la actividad en el aula, se encuentra que gran parte de ellas están originadas por la influencia de las concepciones de los profesores en sus procesos formativos y de implementación curricular. Aspecto que puede ser tan relevante como las concepciones de los estudiantes (Cronin-Jones, 1991), considerando que estas concepciones están influenciadas por el contexto en que fue formado el profesor desde el colegio hasta la universidad, el cual se pudo desarrollar con una visión sobre la naturaleza de las ciencias, generalmente deformada.

Asimismo, dentro de la construcción de esta educación científica se requiere incluir en el currículo objetivos, contenidos conceptuales, contenidos procedimentales y contenidos axiológicos, para que los estudiantes puedan desenvolverse en un mundo científico con una mejor comprensión de la actividad científica y tecnológica, que les permita enfrentarse de mejor manera a los problemas de la vida cotidiana (Solbes, Vilches y Gil, 2001). Esto quiere decir que, de acuerdo con lo que las investigaciones están mostrando para una comprensión significativa de los conceptos, se debe replantear el actual reduccionismo conceptual en la enseñanza, con miras a buscar un nuevo planteamiento de la enseñanza de las ciencias como una actividad orientada desde la investigación científica con la integración de aspectos conceptuales, procedimentales y axiológicos del contexto.

2.4 Formación de profesores y cambio didáctico

La línea de investigación en formación de profesores ha surgido a partir de las necesidades formativas de los profesores y la búsqueda de nuevos enfoques y modelos de enseñanza que favorezcan el aprendizaje de las ciencias (Martínez, 2009; Mosquera, 2011), los cuales se han visto abocados

a requerir escenarios de enseñanza y aprendizaje más acordes con las dinámicas actuales tanto de la didáctica de las ciencias como de las nuevas formas de percepción y visibilización que del mundo tienen los estudiantes y la sociedad. En esta mirada, es pertinente que los profesores no solamente participen como consumidores de las investigaciones, sino que se requiere que ellos sean partícipes en la producción de las mismas aportando desde sus experiencias profesionales y sus espacios de trabajo como campos de investigaciones, que pueden estar orientadas en colectivos docentes o redes interinstitucionales de formación docente. De acuerdo con Furió-Más (1994), estos programas concebidos en la experimentación de la clase podrían tener como resultado aportes al análisis y la reflexión que contribuyen al conocimiento didáctico y a su desarrollo profesional.

Sobre este campo, las investigaciones más relevantes en el ámbito anglosajón hasta la década de los años 90, alrededor de la formación de profesores de ciencias mostraban múltiples perspectivas como psicológica, sociocultural (sociología y antropología), filosófica y la relacionada con el saber disciplinar, denominada ciencias naturales. Estas se caracterizaban por hacer evidente la falta de consensos en las perspectivas teóricas en la formación de profesores según el *Handbook of Research on Teaching Education* (Houston, 1990). Anterior a estas investigaciones y de acuerdo con el *Handbook of Research on Teaching* (Wittrock, 1986), se abordaban temas afines con la formación de profesores en cuatro ámbitos: la educación de profesores, la enseñanza de estudiantes, los currículos de enseñanza y la aparición del concepto de profesor investigador como factor relevante.

En relación con la emergencia de este campo, de acuerdo con Gabel (1994), emanaron seis dominios principales para la caracterización de la formación del profesorado de ciencias desde principios de siglo hasta la década de 1990, que pueden describirse como:

1. Establecimiento del modelo de pregrado, el cual fue modificado a través de los años e interpretado en diferentes contextos, aunque básicamente su estructura era la misma, fundamentada en tres estándares, la educación general, la preparación disciplinar y la formación profesional.
2. Inadecuada formación disciplinar, en la que se encontraba que las críticas a los profesores de ciencias, particularmente en formación elemental, se debían a la escasez de conocimientos en ciencias, esencialmente en física y

ciencias de la tierra, lo que daba muestra de una inadecuada comprensión de la naturaleza de las ciencias.

3. Preparación de la educación al azar: la educación de los profesores de ciencias fue citada por muchos años como casual, al azar. Esta educación profesional se caracterizaba, por un lado, como irrelevante, carente de marco teórico y carente de atención para planear y desarrollarse; por otro lado, los programas de pregrado se caracterizaban por una gran discrepancia entre la investigación basada en la práctica y la real práctica de enseñanza. De esta manera, la formación de pregrado de profesores de ciencias se caracterizaba en esta época como poco congruente con las prácticas escolares.
4. Dependencia del laboratorio: se describe cómo desde 1969 con Ramsey y Howe se empieza a hablar de la importancia de los laboratorios en la enseñanza y además se investiga cómo los profesores incorporan las prácticas de laboratorio en el aula, al igual de cómo las aprenden ellos.
5. La importancia de cuestionarse: desde inicios de los años 90 se habla de la importancia de generar interrogantes en la enseñanza como medio para comprender la naturaleza de la ciencia. Empiezan a surgir las estrategias de instrucción asociadas con la enseñanza por indagación.
6. Valor de la tecnología en educación: relacionada con el surgimiento de la educación tecnológica de profesores con la incursión de la computación como herramienta complementaria de la enseñanza; por ejemplo, la introducción de minicomputadores, equipos de laboratorio, sistemas de adquisición de datos y demás elementos de incursión tecnológica del aula.

En este mismo Handbook de Gabel se discute el hallazgo de investigaciones sobre la instrucción en programas de pregrado para la formación de profesores de ciencias, que se caracterizaban por la naturaleza de sus investigaciones en dos categorías: una enfocada a los cambios en los profesores de ciencias, encontrándose que los esfuerzos en estas investigaciones podrían categorizarse en cambio de actitudes, cambio en los procesos de habilidades (para desarrollar en los estudiantes mejores procesos de aprendizaje y potenciar sus habilidades) y cambio en la enseñanza de comportamientos. De otro lado, en la segunda categoría, dirigida a investigaciones más significativas en la formación de profesores en ciencias, se abordaban trabajos en el tratamiento de problemáticas relacionadas con los conocimientos que

se desarrollaban en la formación, los cuales parecían estar alejados de las prácticas de los profesores, encontrándose que la mayoría de la literatura sobre educación eran críticas hechas por profesores; además, lo que se conocía acerca de los profesores era parcial y distorsionado.

Ya para esta década, se manifestaban como investigaciones emergentes sobre la enseñanza de las ciencias y los profesores de ciencias, algunas líneas que demarcaban los derroteros particularmente en la educación posgradual. Así, por ejemplo, se trataba el desarrollo individual del profesor motivado por intereses personales, el desarrollo de los profesores en el contexto escolar que se suponía motivado por el entorno y potenciador de los crecimientos individuales y, finalmente, el desarrollo del profesor como ayuda para el cambio curricular. Asimismo, aparecían las creencias de los profesores y el conocimiento profesional del profesor como elementos importantes para las investigaciones y configuración de los programas de formación inicial y continuada de profesores.

Como otras alternativas, en las perspectivas teóricas que para los años 90 emergían en el ámbito de didáctica de las ciencias, es importante reconocer las propuestas de Feiman-Nemser (1990) que exponían cinco orientaciones conceptuales para la formación de profesores:

1. La orientación académica relacionada con el desarrollo de habilidades y conocimientos propios de la disciplina, particularmente vista desde la perspectiva de Shulman (1986) sobre el Conocimiento Pedagógico del Contenido (PCK, por sus siglas en inglés).
2. La orientación práctica que centra su objetivo en la experiencia de clase como fuente de aprendizaje para los profesores.
3. La orientación tecnológica que busca que los profesores puedan llevar a cabo sus tareas de forma eficiente y con un alto rendimiento.
4. 4) La orientación personal que pretende la preparación de los profesores en su aprendizaje para enseñar.
5. 5) La orientación crítico-social que aborda la preparación de los docentes como agentes de cambio social.

Sobre las creencias de los profesores, aparecen fundamentos teóricos como el de Koballa (1992), quien plantea que los profesores tienen diferentes concepciones acerca de las creencias, que se pueden agrupar bajo algunos elementos comunes dentro de las definiciones de creencia, así: relación entre creencia y conocimiento, la idea de que las creencias son adquiridas a través de la comunicación, el concepto de que las creencias son un sistema en acción y un continuo que refleja un rango de creencias de los hechos a la evaluación. De otro lado, de acuerdo con Tobin *et al.* (1994), toda creencia tiene un componente social a través de una interpretación personal. Otros autores hacen una distinción entre creencias ordinarias y creencias de la visión del mundo. Se reconocen también investigaciones sobre el uso de metáforas y cómo estas pueden tener relación con las creencias, se encuentra que los profesores utilizan constantemente metáforas como mecanismo de ejemplificación y de esta manera un conjunto de creencias es asociada con unos roles y metáforas específicas, las metáforas ayudan al profesor a recontextualizar los roles de la enseñanza. Las investigaciones muestran que la metáfora es una poderosa herramienta cognitiva para categorizar experiencias y organizar acciones, teniendo la claridad de que las metáforas sirven para ejemplificar, pero no permiten generalizar, ya que tienen sus limitaciones de aplicación en relación con el contexto.

Se encuentran estudios que abordan las relaciones entre las creencias del profesor acerca de la naturaleza de la ciencia, los cuales reflejan la construcción de una imagen personal de la ciencia (Gallager, 1991), así como creencias sobre CTS, autoeficacia, reforma educativa, etc. A manera de conclusión, se puede decir que las creencias de los profesores son ingredientes críticos dentro de los factores que determinan lo que sucede al interior del aula; de esta manera, estas creencias deben tener un lugar importante cuando se trata de generar estudios o investigaciones que pretendan generar cambio didáctico en las clases de ciencias.

En relación con el conocimiento profesional del profesor, se debe tener en cuenta la diferenciación entre conocimiento pedagógico del contenido PCK y conocimiento disciplinar de contenido DCK. El conocimiento disciplinar solo hace relación al conocimiento de la asignatura como ciencia, mientras que el conocimiento pedagógico hace referencia al conocimiento disciplinar y cómo debe ser enseñado el mismo. Así, de acuerdo con Shulman (1992), el conocimiento de los profesores de ciencias se organiza desde la perspectiva de la enseñanza, mientras que el conocimiento de los científicos se organiza desde la perspectiva de la investigación. Las investigaciones muestran una

clara distinción entre estos dos tipos de conocimiento PCK-DCK. Investigaciones como la de Tamir (1988) describe que el marco para el conocimiento del profesor debe estar delimitado por seis categorías: educación liberal general, rendimiento personal, disciplinar, pedagogía general, pedagogía específica de la disciplina y los fundamentos de la profesión de enseñar.

Tobin y Garnett (1988) desarrollaron una investigación relacionada con la influencia que genera en los procesos de enseñanza que el profesor tenga conocimiento del PCK, es decir, que involucre conocimientos pedagógicos en el aula y no solamente conozca la disciplina. De esta manera, toma relevancia la importancia de la formación pedagógica para los profesores en formación. De acuerdo con Mason (1988), se debe enseñar a los profesores cómo llevar a cabo la pedagogía al aula. Por otro lado, sobre la relación entre PCK y el aprendizaje, se encuentran estudios que ponen de manifiesto cómo el conocimiento de los profesores es fundamental e influencia el modo de aprendizaje de los estudiantes (Magnusson *et al.*, 1992).

Se puede decir, entonces, que los conocimientos de la disciplina y los pedagógicos influyen notablemente en la formación de los profesores y colateralmente en la naturaleza del currículo y en la calidad de la enseñanza. Tobin *et al.* (1994) proponían que futuras investigaciones debían considerar cómo el conocimiento y las creencias de los profesores influyen en la visión de ciencia que los estudiantes adquieren; las investigaciones además deberían tener en cuenta los contextos de enseñanza, el currículo y las complejas relaciones que se dan entre el profesor y los estudiantes, lo cual puede reducirse como lo proponía Shulman (1992): “La manera como los profesores aprenden influencia la forma como enseñan”.

Posterior a estas perspectivas, marcadas por la investigación en didáctica de las ciencias que se dibujaban en el ámbito académico de inicios de la década de los años 90, se encuentra evidencia de campos de investigación dentro de la línea de formación de profesores que fueron y son actualmente foco de atención como referencia teórica y metodológica en trabajos de investigación. Es así como en los dos *Handbook* de Fraser y Tobin (1998), y su segunda versión Fraser, Tobin y McRobbie (2012), se abordan aspectos relacionados con investigaciones en formación de profesores en los capítulos *Teacher Education* y *Teacher Education and Professional Development*, respectivamente. En ellos se encuentran secciones importantes relacionadas con *teacher development in science education, professional development of science education, teacher educator and the practice of science teacher,*

science teacher learning, teacher learning and professional development in science education, developing science teacher educators' pedagogy of teacher education y professional knowledge of science teachers. Estas secciones presentan una mirada a los campos involucrados en la formación de profesores, tanto de finales de los 90 como recientes.

En el Handbook didáctica de las ciencias experimentales, de Perales y Cañal (2000), se discuten algunos capítulos sobre la formación de profesores, específicamente en didáctica de las ciencias experimentales, en los cuales se abordan temáticas referentes a las concepciones científicas y didácticas de los profesores (aquí se reconocen tres enfoques: científicista, interpretativo y crítico). De igual manera, se analizan los resultados de algunas investigaciones desarrolladas entre 1986 y 1993 que buscaban mostrar el panorama del conocimiento profesional del profesor en relación con la imagen de ciencia, los modelos didácticos, las teorías del aprendizaje y los enfoques curriculares. También se realiza una aproximación a la epistemología de los profesores desde una caracterización del contexto escolar, en los cuales se construye unas categorías sobre el conocimiento escolar a través de lo que denominan epistemología escolar, dividida en conocimiento escolar como producto formal, conocimiento escolar como proceso técnico, conocimiento escolar como proceso espontáneo y conocimiento escolar como proceso complejo. En este Handbook también se hace una revisión de la formación inicial del profesorado de ciencias y la formación del profesorado en ejercicio. Dentro de estos horizontes se hace una reflexión de los conocimientos profesionales necesarios para aprender a enseñar ciencias, la formación inicial de maestros de educación primaria y secundaria, entre otros.

Como un elemento necesario para la realización de programas de formación continuada de profesores que ambicionen propuestas de cambio didáctico, se debe tener en cuenta la epistemología personal docente, como el catalizador entre el programa y los conocimientos y costumbres que posee el profesor. La epistemología personal docente permite identificar y entender la manera como los profesores llevan a cabo su práctica docente. Mosquera (2011) la sintetiza como la coexistencia dentro del ejercicio del profesor de las concepciones sobre la ciencia, la actividad científica, la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias, junto con las actitudes que el profesor manifiesta. Esta interpretación de epistemología personal docente, es la que se asumió en esta investigación, y bajo la cual se interpretó esta categoría de análisis dentro del desarrollo del programa de formación desplegado.

2.4.1 Cambio didáctico para la formación continuada de docentes

Las transformaciones de la epistemología del profesor y la manera como realizan su práctica profesional, requieren un desarrollo profesional que puede estar orientado hacia el cambio didáctico que, de acuerdo con Mosquera y Furió (2008), se relaciona con el cambio en las concepciones, actitudes y los esquemas de acción del profesorado. Estas innovaciones buscan modificar las formas de interpretar, concebir y desarrollar el proceso propio de la enseñanza y aprendizaje de las ciencias. En esta mirada, de acuerdo con Furió-Mas (1994), el cambio didáctico debe entenderse como el resultado de un cambio conceptual, metodológico, epistemológico, axiológico y ontológico, todo esto aplicado a la enseñanza. Es decir, que el cambio didáctico está intrínsecamente conectado con la reestructuración del quehacer docente, lo cual requiere una reorientación de por sí de la epistemología personal docente, que solo se logra si lleva a cabo una reflexión profunda por parte del profesor, a partir de una intervención internalista en la forma de pensar, sentir y actuar (Mosquera, 2008).

El cambio didáctico en la formación de profesores no tiene una única forma de verse; de acuerdo con Mellado (2003), existen posibles analogías entre las estructuras y desarrollos de la filosofía de la ciencia y el cambio didáctico del profesorado de ciencias experimentales. Estas caracterizaciones sobre el cambio didáctico en términos de concepciones o etapas filosóficas y epistemológicas de las ciencias como positivistas, falsacionistas, constructivistas, de cambio conceptual, de investigación científica, de cambio paradigmático, etc., muestran un panorama sobre el cambio didáctico que, de acuerdo con este autor, podría asumirse quizá como una visión ecléctica pero necesaria. Todas ellas no pueden tomarse como excluyentes sino complementarias, de forma que buscan darle un sentido al complejo proceso del cambio en los roles profesionales y personales de los profesores, a través de la coexistencia de escuelas divergentes de pensamiento.

Además, una de las razones de que esta complejidad esté en aumento tiene que ver con el cambio en la escuela actual, porque ahora los procesos sociales, culturales, contextuales y tecnológicos permean en mayor medida el escenario de enseñanza. Así, en la escuela intervienen cada vez más factores que llevan al profesor a transformar la manera como enseña. La complejidad y heterogeneidad que delimita el escenario escolar dibujan un ambiente que dista mucho del ambiente de origen donde el profesor fue

formado, creando barreras que pueden ser tecnológicas o comunicativas, las cuales el profesor debe tener en cuenta cuando busca realizar un cambio en los procesos de enseñanza.

De otro lado, los programas de formación de profesores no suelen ser bien vistos por los profesores en ejercicio, debido al escepticismo de los mismos por la resistencia al cambio (Appleton y Asoko, 1996). Además, habitualmente las dinámicas de estos programas se configuran con un grupo de expertos que presentan los resultados de investigaciones y les enseñan a manera de instrucción cómo deberían modificar sus clases, lo cual hace que el profesor regrese a su entorno y, luego de un tiempo de tratar de aplicar la innovación, retorne a su habitual manera de enseñar (Mellado, 2001). Estos procesos de formación tradicionales de pocos resultados, en cuanto a los cambios de concepciones y prácticas docentes, a partir de la transmisión de nuevos modelos a cargo de expertos, han mostrado que pueden ser más eficaces cuando se hacen a partir del trabajo colaborativo de discusión y reflexión entre grupos de trabajo, es decir, programas de orientación constructivista (Garret *et al.*, 1990; Furió y Carnicer, 2002). Posición y propuesta que se asume en esta investigación al desarrollar un programa de formación desde esta perspectiva.

En esta mirada, se requieren entonces programas de formación de orientación constructivista que aporten elementos formativos a las falencias existentes en los procesos de enseñanza y aprendizaje de las ciencias. Estos programas deben estar enmarcados en un entorno de investigación didáctica que contenga unas condiciones particulares para favorecer los entornos de enseñanza y mejorar la eficacia de los programas de formación de docentes, en concordancia con lo que propone Carnicer (1998), quien plantea que un programa de orientación constructivista debe contener las siguientes condiciones: 1) Abordar los problemas didácticos de forma colegiada en grupos de trabajo cooperado. 2) El contenido del programa de innovación debe tener claramente definidos sus objetivos y finalidades. 3) El problema objeto de estudio debe ser de interés para los profesores participantes. 4) Se debe integrar teoría y práctica en el programa de formación. 5) La dinámica del grupo debe tender a pasar de la interregulación a la autorregulación. 6) Es necesario la elaboración de productos como muestra del trabajo realizado.

En síntesis, un programa de formación de docentes para la generación de cambio didáctico, como el que se desarrolla en este capítulo, requiere inicialmente un reconocimiento de las concepciones de ciencia y enseñanza

de las ciencias que moldean la acción docente. El programa debe estar intencionado desde una orientación constructivista, que motive el interés de trabajo colaborativo y participativo de todos los integrantes del programa. Así, los profesores deben no solamente ser parte de la investigación, sino también desempeñarse como investigadores, porque al involucrarse en la investigación activamente, diferente a recibir la información como una mera instrucción de expertos, se obtendrán mejores resultados en las transformaciones de las concepciones epistemológicas que poseen los docentes en favor de la generación de cambio didáctico. Esto se consigue a través de un ejercicio teórico-práctico, donde los profesores están en la capacidad de evaluar y reflexionar sobre la problemática planteada y resultados obtenidos, a partir de la ejecución simultánea del programa en sus clases.

2.5 A manera de conclusión

Las posiciones que fundamentan la investigación doctoral sobre la que se inscriben las ideas de este capítulo, que relacionan las implicaciones didácticas de la inclusión de HFC, la enseñanza de las ciencias en el contexto CTS y la formación de profesores para la generación de cambio didáctico, delimitan algunos elementos estructurantes que se presentan como argumentos de cierre para la propuesta de marco teórico desarrollada en este apartado.

De acuerdo con lo discutido, diversos autores han dado claros debates sobre la pertinencia o no de la inclusión de la HFC en la enseñanza de las ciencias. Y particularmente en este texto se deja una clara evidencia de la postura que defiende la importancia de considerar la historia de las ciencias para lograr aclaraciones y precisiones conceptuales indispensables en la comprensión de los componentes sociales de la ciencia como un elemento clave, para que el profesor pueda enseñar una ciencia que se aleje de presentar conceptos como algo acabado. Por el contrario, se busca llevar, tanto a estudiantes como profesores, hacia una idea de ciencia enfocada desde una perspectiva que promueva el interés por conocer cómo se produce el conocimiento científico y cómo se desarrolla.

Uno de los aportes del uso de la HFC es que podría ayudar a superar las perspectivas inductivistas y positivistas de la ciencia si se pasa a considerar que puede contribuir a derribar las concepciones que plantean que el conocimiento está en el mundo, que es el conocimiento verdadero y que lo que

han hecho los científicos, a través de la historia, es descubrir esas grandes verdades preestablecidas por la naturaleza. En este sentido, la investigación didáctica que incorpora la HFC ha evidenciado que se promueve el desarrollo de un modelo epistémico que supera la tendencia de asumir la ciencia como el resultado de observaciones cuidadosas, que luego generaliza de manera inductiva estas observaciones hasta que llegan a construir teorías, las cuales son corroboradas cuando se deducen aplicaciones desde dichas teorías. Se supera, así, la idea de que la deducción a partir de teorías coincide con lo que se observa desde la inducción, promovándose cambios en la concepción y representación del método científico.

En este punto, es importante reflexionar como enriquecimiento a la discusión y fortalecimiento de la posición teórica de este capítulo, que se hace necesario tener en cuenta que el aporte de una enseñanza de la ciencia contextualizada con una contribución desde el enfoque CTS, permitiría que la imagen de la ciencia universitaria tenga un mayor contenido del pragmatismo científico, así como de los aspectos históricos, sociales, filosóficos y políticos necesarios para que se pudiera dar su construcción. Además, ayuda a fundamentar mejor la ciencia y la tecnología como espacios de conocimiento que penetran cada vez más en los cotidianos sociales y futuros profesionales de los estudiantes, fomentando debates y reflexiones sobre su rol como principal agente transformador del mundo actual (Aikenhead, 2003).

Finalmente, la formación de profesores y las necesidades de cambio didáctico se manifiestan como una de las problemáticas actuales de la enseñanza de las ciencias, las cuales develan focos de acción emergentes que requieren propuestas de investigación que aporten al desarrollo profesional de los profesores, encaminado al mejoramiento de sus conocimientos sobre didáctica de las ciencias y prácticas de enseñanza. Este cambio didáctico busca generar un aporte al conocimiento didáctico del contenido con que cuentan los profesores, de tal forma que sea posible contribuir al cambio conceptual, metodológico, epistemológico, axiológico y ontológico de elementos relacionados con la enseñanza. En esta lógica, el cambio didáctico pretende en su trasfondo promover y poner en escena la reestructuración del quehacer docente, a partir de una reorientación de la epistemología docente que, de acuerdo con lo planteado en este capítulo, solamente se lograría si el profesor hace una reflexión profunda a partir de una intervención internalista, en la forma de pensar, sentir y actuar en y para su ejercicio profesional.

2.6 Bibliografía

Aikenhead, G.S. (2003). STS Education: A Rose by Any Other Name. En: R. Cross: *A Vision for Science Education: Responding to the work of Peter J. Fensham*, pp. 59-75. New York: Routledge Falmer.

Appleton, K. y Asoko, H. (1996). A case study of a teacher's progress toward sing a constructivist view of learning to inform teaching in elementary science. *Science Education*, 80(2), 165-180.

Bachelard, G. (1976). *La formación del espíritu científico*. (5). México: Siglo XXI Editores.

Carnicer, J. (1998) *El cambio didáctico en el profesorado de ciencias mediante tutorías en equipos cooperativos* (Tesis doctoral). Valencia: Universidad de Valencia.

Conant, J. B. (1957). *Harvard Case Histories in Experimental Science*. Londres: Harvard University Press, Cambridge.

Cronin-Jones, L.L. (1991). Science teaching beliefs and their influence on curriculum implementation: two case studies. *Journal of Reserach in Science Teaching*, 38(3), 235-250.

Duschl, R. (1994). Research on the history and philosophy or science. En: D. L. Gabel. (ed) *Handbook of Research on Science Teaching*. (pp. 443-465). New York: Macmillan.

Duschl, R. (1997). *Renovar La Enseñanza de las Ciencias. Importancia de las teorías y su desarrollo*. Madrid: Narcea.

Esteban, S. E. (2003). La perspectiva histórica de las relaciones Ciencia-Tecnología-Sociedad y su papel en la enseñanza de las ciencias. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 2(3), 399-415.

Feiman-Nemser, S. (1990). Learning to teach. En: Shulman, L. S. & Sykes. S, *Handbook of Teaching and policy*. (pp. 150-170). New York: Macmillan.

Fraser, B. y Tobin, K. G. (1998). *International Handbook of Science Education*. London: Kluwer Academic Publisher.

Fraser, B., Tobin, K. G. y McRobbie, C. J. (2012). *Second International Handbook of Science Education*. Springer International Handbooks of Education.

Furió-Mas, C. (1994). Tendencias actuales en la formación del profesorado de ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, 12(2), 188-199. Recuperado de: <http://www.raco.cat/index.php/ensenanza/article/viewFile/21357/93312>.

Furió, C y Carnicer, J. (2002). El desarrollo profesional del profesor de ciencias mediante tutorías de grupos cooperativos. Estudio de ocho casos. *Enseñanza de las ciencias*, 20(1), 47-73.

Gabel, D. (1994). *Handbook of Research on Science Teaching and Learning*. New York: MacMillan Pub.

Gagliardi, R. y Giordan, A. (1986). La historia de las ciencias: una herramienta para la enseñanza. *Enseñanza de las Ciencias*, 4(3), 253-259.

Gallager, J.J. (1991). Interpretative research in science education. National Association for Research En: *Science Teaching Monograph*. (4).

García, A. E. G. (2011). Las prácticas experimentales en los textos y su influencia en el aprendizaje. Aporte histórico y filosófico en la física de campos (tesis doctoral). Universidad Autónoma de Barcelona.

Garret, R.M., Satterly, D., Gil, D. & Martínez, J. (1990). Turning exercises into problems: An experiments study with teachers in training. *International Journal of Science Education*, 12(1), 1-12.

Gibbons, M. *et al.* (1994). *The new production of knowledge: The dynamics of science and research in contemporary societies*. London: Sage.

Gil, D. (1993). Contribución de la Historia y la Filosofía de las Ciencias al desarrollo de un modelo enseñanza/aprendizaje como investigación. *Enseñanza de las Ciencias*, 11(2), 197-212.

Hennessy, S (1993). Situated cognition and cognitive apprenticeship: implications for classroom learning. *Studies in Science Education*. 22, 1-41.

Holton, G. (1978). *Introducción a los conceptos y teorías de las Ciencias Físicas*. Barcelona: Reverté.

Hottecke, D., Henke, A. y Riess, F. (2010). Implementing History and Philosophy in Science Teaching: Strategies, Methods, Results and Experiences from the European HIPST Project. *Sci & Educ*. DOI.

Houston, W. R. (1990). *Handbook of Research on Teaching Education*. New York: Macmillan.

Izquierdo, M. (1994). Como contribuye la historia de las ciencias en las actitudes del alumnado hacia la enseñanza de las ciencias. *Aula de Innovación Educativa*, 27, 37-41.

Izquierdo, M., Audúriz-Bravo y Quintanilla, M. (2007). Discusión en torno a un modelo para introducir la historia de la ciencia en la formación inicial del profesorado de ciencias. En: *Investigar en la enseñanza de la química, nuevos horizontes; contextualizar y modelizar*. (pp. 173-196). Barcelona: Editorial UAB.

Koballa, T. (1992). Persuasion and attitude change in science education. *Journal of Research in Science Teaching*, 29, 63-80.

Kuhn, T. S. (1970). *La estructura de las revoluciones científicas*, 2^{da} ed. Chicago: University of Chicago Press.

Magnusson, S., Borko, H., Krajcik, J y Layman, J. (1992). *The relationship between teacher content and pedagogical content knowledge and student content knowledge of heat energy and temperature*. Paper presents at the annual meeting of the national Association for Research in Science Education. Boston.

Martínez, C. (2009). El conocimiento profesional de los(as) profesores(as) de ciencias: algunos aspectos centrales en el desarrollo de la línea de investigación. *Revista Científica*, 11, 15-23. Disponible en: <http://revistas.udistrital.edu.co/ojs/index.php/revcie/article/viewFile/412/641>.

Mason, C. (1988). A collaborative effort to effectively evolve pedagogical content knowledge in preservice teachers. Paper presents at the annual meeting of the national Association for Research in Science Education. Lake of the Ozarks. MO.

Matthews, M. R. (1991). Un lugar para la historia y la filosofía en la enseñanza de las ciencias. *Comunicación, Lenguaje y Educación*, 11-12. 141-155.

Matthews, M.R. (1994). Historia, filosofía y enseñanza de las ciencias: La aproximación actual. *Enseñanza de las ciencias*, 12(2), 255-277.

Matthews, M.R. (1998). The nature of science and science teaching. En: Fraser, B. y Tobin, K.G. *International Handbook of Science Education*. (pp. 981-999). London: Kluwer Academic Publisher.

Mellado, J.V. (2001). ¿Por qué a los profesores de ciencias nos cuesta tanto cambiar nuestras concepciones y modelos didácticos? *Revista Interuniversitaria de formación del profesorado*, 40, 17-30.

Mellado, J. V. (2003). Cambio didáctico del profesorado de ciencias experimentales y filosofía de la ciencia. *Enseñanza de las ciencias*, 21(3), 343-358.

Mellado, V. Y Carracedo, D. (1993). Contribuciones de la filosofía de la ciencia a la didáctica de las ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, 11(3), 331-339.

Membriela, P. I. (2002). Una revisión al movimiento CTS en la enseñanza de las ciencias. En Membriela, P. I. *enseñanza de las ciencias desde la perspectiva ciencia-tecnología-sociedad: Formación científica para la ciudadanía*. (pp. 91-103.) Madrid: Narcea.

Mosquera, C. J. (2008). El cambio en la epistemología y en la práctica docente de profesores universitarios de química (tesis doctoral). Valencia: Universidad de Valencia.

Mosquera, C. J. y Furió-Mas, C. J. (2008). El cambio didáctico en profesores universitarios de química a través de un programa de actividades basado en la enseñanza por investigación orientada. *Revista Didáctica de las Ciencias Experimentales y Sociales*, (22), 115-154.

Mosquera, C. J. (2011). La investigación sobre la formación de profesores desde la perspectiva del cambio didáctico. *Revista Internacional de Investigación en Educación*, 3(6), 265-282.

Perales, P. y Cañal de León, P. (2000). *Didáctica de las ciencias experimentales*. Alcoy: Marfil.

Pozo, J. I., Gómez, M. A. (1998). *Aprender y enseñar ciencia*. España: Morata.

Roberts, D. A., Russell T. (1975). An alternative approach to science education research: Drawing from philosophical analysis to examine practice. *Curriculum Theory Network*, 5, 107-125.

Rubba, P.A. Wiesenmayer. R.L. (1998). Goals and competencies for pre-college STS education: Recommendations based upon recent literatura in enviromental education. *Journal of Environmental Education*, 19(4), 38-44.

Sánchez Ron, J. M. (1988). Usos y abusos de la historia de la física en la enseñanza. *Enseñanza de las Ciencias*, 6(2), 179-188.

Santos. M E. (2002). Relaciones entre ciencia tecnología y sociedad. En: Membiela. P. I. (2002) *Enseñanza de las ciencias desde la perspectiva ciencia-tecnología-sociedad: Formación científica para la ciudadanía*. (pp. 61-75). Madrid: Narcea.

Shulman, L.S. (1986). Those who understand: knowledge growth in teaching. *Educational Researcher*, 15(2), 4-14.

Shulman, L. S. (1992). Renewing the pedagogy of teacher education: the impact of subject-specific conceptions of teaching. En María Lourdes Montero-Mesa y José Manuel Vez (eds.). *Las didácticas específicas en la formación del profesorado*. Santiago de Compostela: Tórculo.

Solbes, J. y Traver, M. J. (1996). La utilización de la historia de las ciencias en la enseñanza de la física y la química. *Enseñanza de las Ciencias*, 14(1), 103-112.

Solbes, J. Vilches, A. y Gil, D. (2001). Papel de las interacciones CTS en el futuro de la enseñanza de las ciencias. En Membiela. P. I. (2002) *Enseñanza de las Ciencias desde la perspectiva Ciencia-Tecnología-Sociedad: Formación científica para la ciudadanía*. (pp. 221-231). Madrid: Narcea.

Tamir, P. (1988). Subject matter and related pedagogical knowledge in teacher education. *Teaching and Teacher Education*, 7(3), 263-268.

Tobin, K y Garnett, P. (1988). Exemplary practice in science classroom. *Science Education*, 72, 197-208.

Tobin, K., Tippins, D. J., y Gallard, A. J. (1994). Research on instructional strategies for teaching science (La investigación sobre estrategias para la

enseñanza de la ciencia). En: Gabel, D. I. *Handbook of research on science teaching and learning*. (pp. 3-44). Nueva York: Macmillan.

Wittrock, M. C. (1986). *Handbook of Research on Teaching*. New York: Macmillan.

Young, M (1994). Instructional design for situated learning. *Education Technology and Development*, 42(1), 43-58.

Zapata, J. P. (2016). Contexto en la enseñanza de las ciencias: Análisis al contexto en la enseñanza de la física. *Revista Góndola, enseñanza y aprendizaje de las ciencias*. ISSN: 2346-4712, 11(2), 193-211.

Zapata, J. (2017). El contexto profesional en la enseñanza del electromagnetismo desde una perspectiva histórica en programas universitarios diferentes: Implicaciones para el cambio didáctico (tesis doctoral). Bogotá: Universidad Distrital Francisco José de Caldas.

Zapata, J. P. y Mosquera, C. J. (2017). Didactic change based on the historical and professional context for the physics teaching. *International Journal of Advanced Research (IJAR)*. 5(5), ISSN-e: 2320-5407. DOI:10.21474/IJAR01/4286, DOI URL: <http://dx.doi.org/10.21474/IJAR01/4286>, 1584-1595.

3. Aportes para abordar la interacción entre religión y ciencia, y su relación con la didáctica de las ciencias *

Gonzalo Peñaloza Jiménez⁴

Carlos Javier Mosquera Suárez⁵

3.1 Introducción

Desde hace algunos años, la didáctica de las ciencias ha venido ampliando sus perspectivas hacia campos muy diversos como las neurociencias, la antropología o la comunicación. Animados por la necesidad de comprender problemas de la enseñanza y el aprendizaje, muchos investigadores han tenido que aventurarse en áreas que no estaban en relación directa con la didáctica. En este horizonte de posibilidades, uno de los campos más destacados es aquel que se ocupa de la relación entre cultura y educación científica, que tiene origen en el esfuerzo de darles sentido a las ciencias en la multiplicidad de contextos culturales que coexisten.

Esto ha abierto la puerta para indagar sobre cuestiones específicas como las interacciones entre ciencia y religión. Esto resulta muy importante en América Latina porque en esta región se vienen dando transformaciones muy grandes en el campo religioso que están impactando en la política, la cultura e incidiendo cada vez más en la escuela. Por ejemplo, el movimiento “Escuela sin partido” de Brasil combina argumentos religiosos y conservadores para crear mecanismos legales que limiten el carácter laico y secular de la educación (Moura, 2016).

4 Doctor en Educación, Investigador del Centro de Investigación y Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional (Cinvestav) - Unidad de Monterrey, México., g.pjimenez@cinvestav.mx

5 Profesor Doctorado en Educación, Universidad Distrital Francisco José de Caldas, cmosquera@udistrital.edu.co

* Tesis Doctoral Gonzalo Peñaloza (2017) Relaciones ciencia – religión y enseñanza de la evolución. Estudio de casos con profesores de biología de educación básica secundaria. Doctorado Interinstitucional en Educación, UD.FJDC. Carlos Javier Mosquera Suárez (Director). Línea de investigación: Cambio didáctico y formación del profesorado de ciencias.

Este capítulo presenta un panorama general de las relaciones entre religión y ciencia, que pueda servir como punto de entrada para aquellos investigadores y profesores que deseen abordar dicha relación en función del aprendizaje y la enseñanza de las ciencias. Este tema es muy amplio y se produce ingente bibliografía sobre este particular, de manera que cualquier intento de abarcarlo será siempre limitado. En la primera parte se exponen algunos elementos generales del asunto; luego, se expone lo problemático que resulta definir la religión y la ciencia; posteriormente, se muestra una síntesis de los modelos teóricos que las relacionan y, finalmente, se proponen algunas conclusiones.

3.2 La difícil definición de “religión” y “ciencia”

La ciencia y la religión suelen considerarse como dos visiones del mundo distintas (Udías, 2010) que constituyen, quizás, las dos fuerzas culturales e intelectuales más poderosas de la sociedad contemporánea (MacGrath, 2010). Ellas son marcos de pensamiento y construcciones sociales que abarcan dimensiones políticas y culturales, cuyo significado está en relación con la sociedad en la cual se desarrollan. Tanto la ciencia como la religión tienen una amplia variedad de significados y de aspectos que deben tenerse para describirlas y definir las, lo que es vital al momento de plantear su relación.

Es difícil establecer definiciones que abarquen la diversidad que la ciencia y la religión contienen. Así, la mayoría de definiciones sobre la religión son fácilmente cuestionadas a la luz de alguna práctica religiosa que queda por fuera de ella. De igual manera, es difícil enunciar una definición que abarque todos los aspectos de la ciencia y no se limite, por ejemplo, a sus presupuestos epistemológicos u ontológicos. Esto conlleva un problema para plantear las relaciones entre ellas, porque cualquier interacción que se proponga depende de la naturaleza de la religión y de la ciencia que se asuma (Reiss, 2010).

Cualquier intento de plantear relaciones generales estará siempre condicionado al tipo de religión y a la concepción de ciencia que se asuma. Glennan (2009) propone algunas preguntas sobre las cuales la ciencia y la religión generalmente ofrecen respuestas disímiles. Por ejemplo, ante la pregunta: ¿Un compromiso con la verdad y la importancia de los textos

sagrados viola el canon científico de las evidencias?, dará pie a múltiples y variadas respuestas religiosas que dependerán del tipo de credo desde el cual se responda⁶.

3.2.1 La religión

El término “religión” se utiliza para hacer referencia a una variedad muy amplia de tradiciones, que difieren bastante entre sí. En líneas generales, la religión se define como la creencia en seres sobrenaturales o el compromiso con un ser trascendente, lo que a su vez permite al ser humano integrar su propia vida (Brooke, 1991). También, el término se refiere a instituciones organizadas que, a través del credo y los rituales, tratan de dar respuestas coherentes a las cuestiones sobre el destino de los seres humanos y el mundo. Por otra parte, puede hacer referencia a mantener profundas convicciones que encuentran expresión en imperativos morales (Van Huyssteen, 2003).

Básicamente, la religión puede definirse de dos maneras: sustantiva o funcional. La primera se basa en sus supuestos ontológicos y epistemológicos; en otras palabras, versa sobre lo que la religión es. La segunda se relaciona con el papel que cumple la religión en una sociedad determinada, es decir trata con lo que esta *hace* (Davie, 2011). En gran medida, los estudios sobre las relaciones entre religión y ciencia en el marco de la didáctica de las ciencias, han hecho énfasis en su carácter sustantivo enfocándose en sus presupuestos ontológicos y epistemológicos.

La religión es un campo muy investigado desde el punto de vista sociológico y antropológico porque es un elemento que moldea el orden social, al igual que lo hace el poder político, la riqueza, las obligaciones jurídicas y otros (Geertz, 2003). De manera que determinar el papel social y psicológico de la religión permite comprender las nociones que los seres humanos tienen de lo “real” y las disposiciones que estas suscitan en ellos. En otras palabras, la religión es un elemento que otorga sentido a lo razonable, lo práctico, lo humano y lo moral (Geertz, 2003).

6 Glennan (2009) propone diferenciar entre ciencia y religión a partir de cinco preguntas: 1) ¿Es compatible la confianza en la fe con los compromisos científicos basados en la evidencia?; 2) ¿Es contraria la creencia en un dios o dioses a un compromiso científico con el naturalismo?; 3) ¿Un compromiso con la verdad y la importancia de los textos sagrados viola el canon científico de las evidencias?; 4) ¿Los avances en la ciencia —particularmente los de psicología y neurociencia— amenazan con socavar las doctrinas religiosas acerca de la libertad de la voluntad y la naturaleza divina del alma?; 5) ¿Las explicaciones científicas de los orígenes de la conducta moral socavan las enseñanzas morales de las religiones? (p. 799).

Algunos teólogos como Udías (2010), consciente del problema de plantear una definición que abarque todas las formas de religiosidad y las tradiciones religiosas, propone una descripción, más que una definición, y afirma que la religión es “un sistema de creencias generadoras de sentido de la vida y de valores que guían los comportamientos personales y sociales, que se expresa generalmente en ritos y que puede formar comunidades” (p. 26). En esta descripción se enfatiza el papel de la religión para dar sentido a la existencia y para formular valores morales. Con respecto a las creencias, sostiene que indican el papel de la fe en la religión, lo que supone que los fundamentos de la religión no pueden ser demostrados en el sentido de científico (Udías, 2010). Esta imagen enfatiza que el propósito de la religión no es explicar el mundo material sino buscar sentido a la existencia, con lo cual se establece una demarcación con respecto a la ciencia y tácitamente propone una forma de relación con ella. En el mismo sentido, Geertz (2003) sostiene que la religión es un sistema simbólico que establece un determinado orden del mundo y genera estados anímicos y motivaciones en los seres humanos, haciendo que sus concepciones parezcan efectivas y reales.

Una imagen muy simplificada de la religión la iguala con la superstición, definida como la creencia en que puede influirse continuamente en los designios de una hipotética deidad o deidades mediante rituales, plegarias o ceremonias especiales. Pero, en algunas tradiciones como en el catolicismo, el protestantismo tradicional o el anglicanismo no se acepta que sea posible influir permanentemente en las decisiones divinas mediante algún tipo de ritual y, sobre todo, que su acción suceda alterando las leyes naturales (Van Huyssteen, 2003). Esto difiere de la perspectiva de la variante cristiana pentecostal que sostiene que mediante la fe es posible que Dios actúe directamente en el mundo y, como resultado de las plegarias y los rituales, altere las leyes naturales haciendo que ocurra un “hecho milagroso” (Moulian, 2009). Se plantea esto para señalar que no es posible sostener que todas las religiones, ni todas las tradiciones cristianas, consideren que Dios altera permanentemente el mundo natural dependiendo de la fe y los rituales del creyente. En este sentido, resulta inadecuado reducir la religión a la superstición.

En términos generales, la cuestión anterior tiene relación con el papel que se le confiere a un dios o a los dioses en el mundo natural. Como se sabe, la tradición judeo-cristiana tiene como punto de partida que existe un ser superior (Dios, Yahvé, Jehová, etc.) quien está por encima de lo natural, lo que se constituye en una doctrina fundamental (Parente, Piolanti y Garofalo, 1955). No obstante, esta creencia no puede extenderse y simplificarse para

todas las religiones, incluso dentro del ámbito judeo-cristiano, de modo que la afirmación de “creer en la existencia un ser superior” abarca una gama de significados que pueden resumirse de la siguiente forma (Udías, 2010):

- Del misterio: se acepta la existencia de un misterio inalcanzable, que no tiene carácter personal y que se manifiesta en la naturaleza.
- Panteísta: se identifica a Dios con toda la realidad y lo natural. El hinduismo, el budismo y el taoísmo tienen fuertes características panteístas.
- Deísta: se considera que Dios es trascendente, creador y ordenador, pero no interviene en el mundo. Desde esta perspectiva, la razón es la fuente del conocimiento y no la revelación. Generalmente quienes sostienen esta postura no se adhieren ni practican una religión en particular.
- Teísta: se sostiene que Dios tiene un carácter personal, es creador e interviene en el mundo. Esta postura plantea un problema con respecto a cómo entender la acción de Dios en el mundo sin que viole las leyes naturales. El cristianismo, el islamismo y el judaísmo son teístas (Van Huyssteen, 2003).

Como se ve, en cada caso la relación entre la divinidad y la naturaleza es diferente, lo que resulta muy importante para describir la relación entre la religión y la ciencia. Como se expondrá más adelante, hay una importante diversidad de formas en que las personas entienden esta cuestión, incluso si pertenecen a la misma tradición religiosa.

En lo que respecta a la relación entre razón y fe, vale la pena aclarar que algunas tradiciones le otorgan gran importancia a la razón para acercarse a lo divino. Por ejemplo, el catolicismo considera que razón y fe son vías para aproximarse a Dios. No obstante, esto no implica que en esta tradición se limite la acción divina en el mundo natural. De hecho, el Concilio Vaticano I (1869–1870) estableció que serían consideradas como anatema afirmaciones como “No existe nada más allá de la materia”, “Los milagros son imposibles”, “Las afirmaciones producto de las investigaciones pueden ser defendidas como verdaderas incluso si se oponen a la revelación divina” (Avelar y Gaspar, 2007). Es decir, esta tradición claramente sostiene una posición teísta.

Otra cuestión importante que abordan todas las religiones es la naturaleza humana; algo que es un punto de tensión entre la religión y la ciencia. En el marco del cristianismo católico, se considera que el ser humano tiene un carácter especial otorgado por Dios:

El hombre es un ser de la naturaleza, pero, al mismo tiempo, la trasciende. Comparte con los demás seres naturales todo lo que se refiere a su ser material, pero se distingue de ellos porque posee unas dimensiones espirituales que le hacen ser una persona. De acuerdo con la experiencia, la doctrina cristiana afirma que en el hombre existe una dualidad de dimensiones, las materiales y las espirituales, en una unidad de ser, porque la persona humana es un *único* compuesto de cuerpo y alma. Además, afirma que el alma espiritual no muere y que está destinada a unirse de nuevo con su cuerpo al fin de los tiempos. Esta doctrina se encuentra en la base de toda la vida cristiana que quedaría completamente desfigurada si se negara la espiritualidad humana. (Artigas, 2007, p. 13).

De modo que en la perspectiva cristiana se establece una dualidad naturaleza y espíritu en el ser humano. Por esto, Polkinghorne (2007) afirma que no es posible explicar la naturaleza humana sin tener en cuenta la dimensión de “lo sagrado”. Este carácter especial del ser humano se relaciona con una jerarquización de la naturaleza, en cuyo punto más alto está el hombre, y con una perspectiva progresiva de la vida tendiente a la perfección, cuyo culmen sería también el hombre. Es decir, todo el mundo natural cobra sentido en función del hombre, y la naturaleza se concibe como creada para servirle y dominarla (Artigas, 2007). Los planteamientos anteriores son un punto de tensión entre ciencia y religión debido a los cuestionamientos científicos sobre la contingencia y el indeterminismo del universo y la vida.

Desde el punto de vista social y político, la religión ha sido objeto de múltiples críticas por sus nexos con el poder y su apoyo al mantenimiento del *statu quo*. En los albores de la Ilustración, se señalaba que la religión estaba estrechamente relacionada con el poder político, que es el resultado de condiciones culturales específicas y que no tiene origen en una revelación sobrenatural. En este sentido, la crítica a la religión sostuvo que han existido diversas religiones en el mundo que, debido a diferentes acontecimientos históricos, surgieron, desaparecieron, se transformaron o se sincretizaron. En este gran conjunto de prácticas religiosas se encuentran concepciones distintas sobre lo sobrenatural, la liturgia y los criterios morales. De manera que, no es posible establecer una única religión como verdadera. Simplemente, una religión se convierte en predominante, y en ocasiones hegemónica, bajo determinadas circunstancias que no necesariamente tienen relación con su veracidad o coherencia interna. En cierto sentido, esto cuestiona que la única fuente de moralidad pueda ser la religión, ya que los criterios morales han variado en el curso de la historia, no solo como resultado de

las creencias religiosas sino también de otras dimensiones sociales como la política y la cultura.

Para resumir, la anterior descripción de la religión denota aspectos que son cruciales para establecer la relación entre ciencia y religión, como la naturaleza dual de la realidad, la acción de Dios en el mundo y la validez de la religión como fuente universal de los valores morales. Esto amplía la tradicional definición sustantiva de la religión y remite a considerar los supuestos ontológicos, epistemológicos y axiológicos tanto de la religión como de la ciencia para comprender sus relaciones.

3.2.2 La ciencia

El término “ciencia” se usa para abarcar una serie de elementos de distinta naturaleza como una institución social, una forma de conocer, una profesión, entre otras. Como anota Chalmers (2003), “no existe una descripción general de la ciencia y del método científico que se aplique a todas las ciencias en todas las etapas históricas de su desarrollo” (p. 231). Una definición completa de la ciencia debería tener en cuenta sus dimensiones políticas, ideológicas, económicas, entre otras. No obstante, existen algunos consensos que pueden resumirse de la siguiente manera: “La ciencia es un sistema cognitivo o patrón de la práctica y de pensamiento que involucra ciertas actividades; ciertos valores y objetivos; produce determinados resultados mediante el uso de ciertas metodologías y reglas metodológicas” (Irzik y Nola, 2011, p. 605). Como se evidencia, los acuerdos son muy generales y solo ofrecen una definición amplia de la ciencia y centrada en su epistemología. Una definición completa de la ciencia desborda el alcance del presente documento, pero es pertinente enunciar algunos aspectos o rasgos de la ciencia que son importantes para caracterizar su relación con la religión.

En primer lugar, vale la pena indicar que el término “ciencia”, alude en la mayoría de la literatura a las ciencias naturales, quizás como consecuencia de la ruptura entre estas y las humanidades. Así definida, la “ciencia” limita su objeto a los asuntos que no sean sociales y culturales. De modo que, si la “ciencia” se limita a las ciencias naturales, es muy difícil que de ella puedan derivarse, de forma lógica, valores morales o reflexiones éticas, sin caer en el reduccionismo y el cientificismo. Pero si en la “ciencia” se incluyen las ciencias humanas, es completamente posible que las reflexiones éticas y otras consideraciones sean del todo posibles y válidas. A continuación, se

presenta una descripción de la ciencia que se refiere particularmente a las ciencias naturales, lo que no pretende negar que las ciencias sociales tengan puntos en común con las ciencias naturales y su método, pero una reflexión sobre este particular desborda los propósitos de esta indagación.

La ciencia, entendida como una forma de conocer el mundo, se sustenta en presupuestos ontológicos, epistemológicos y axiológicos. Los presupuestos ontológicos implican que se reconoce la existencia de un mundo real en el que existe un orden natural; los epistemológicos afirman que ese mundo y su orden son cognoscibles y los axiológicos califican la actividad científica desde la ética. Taber (2013) propone formular estos presupuestos ontológicos (O) y epistemológicos (E) de la siguiente forma:

O1: *Existe un mundo físico (natural)*

O2: *El mundo físico tiene un nivel de permanencia y orden subyacente*

E3: *La experiencia ofrece una guía significativa para la naturaleza de ese mundo*

E4: *Es posible construir conocimiento útil del mundo*

E5: *Es posible desarrollar conocimiento del mundo, el cual es objetivo en el sentido de que este es independiente del punto de vista del observador particular (p. 162).*

A estos supuestos habría que agregar un presupuesto axiológico que sería: la actividad científica tiene un valor positivo para los seres humanos (Artigas, 2007). Como se observa, estos presupuestos no son proporcionados por la ciencia en sí misma, sino que provienen una reflexión filosófica (Artigas, 2000). Por otra parte, el hecho de la ciencia en sí misma no pueda plantear reflexiones éticas sobre su quehacer es un punto de relación con la religión, según algunos modelos, que se plantearán luego, le corresponde a la religión plantear un marco ético para la actividad científica.

Por otra parte, la ciencia es un sistema de conocimiento organizado. Esto no hace referencia a la división en disciplinas y subdisciplinas, sino a que la ciencia ordena la comprensión del mundo mediante la formulación de teoremas, principios, leyes y otras proposiciones generales (Medawar, 1984). A pesar de las discusiones que puedan darse sobre “la verdad”, la ciencia fundamentalmente se soporta en lo que se denomina “teoría de la correspondencia de la verdad”. Esto significa que la ciencia trata de generar postulados, cualquiera que estos sean (leyes, modelos, etc.), que describan la realidad y sean funcionales

(Medawar, 1984). De modo que, sobre la base de la correspondencia entre los postulados y la realidad, se establece la veracidad de los primeros. Si bien sobre este asunto existe un debate en la comunidad de científicos y filósofos, la correspondencia juega un papel importante en la epistemología de la ciencia.

Esta cuestión es importante para comprender la relación entre ciencia y religión, ya que esta última no establece la “correspondencia” como criterio de veracidad sino la “coherencia”. Esto es, que sus postulados sean congruentes con las fuentes de conocimiento religioso como las escrituras sagradas y no que deban tener algún tipo de comprobación empírica para ser validadas.

Finalmente, vale la pena mencionar que desde el siglo pasado la ciencia viene siendo objeto de críticas por ser portadora de una ideología, estar en función del incremento de la tasa de ganancia del capitalismo y por su papel en la creación del armamento necesario para mantener el orden y dominación global de las potencias imperialistas (Levy-Leblond, 2004). En tal sentido, resulta conveniente hacer algunas precisiones. Esta crítica parte de una contraposición entre “ideología” y “ciencia”, dando a entender que la primera es interesada y subjetiva, en tanto que la segunda es neutral y objetiva. En realidad, todas las actividades humanas están “ideologizadas” y no se puede pretender que la ciencia, la religión o la filosofía escapen a esta tendencia. Creer que existe una ciencia “objetiva”, en el sentido de “socialmente neutral”, cuando ella está inmersa en un sistema productivo, como el capitalismo, es una ilusión que comparten por igual el empirismo, el positivismo y el cientificismo. Es decir, se puede establecer una separación entre los productos del conocimiento y las circunstancias históricas y políticas que las determinan (Lewontin, 1991). En otras palabras, el hecho de que la ciencia no sea neutral no niega que pueda ser objetiva.

3.3 Las relaciones entre ciencia y religión

En líneas generales, las relaciones entre ciencia y religión giran en torno a tres presupuestos básicos: ontológicos, epistemológicos y axiológicos. Desde el punto de vista teórico se han planteado posibles formas de relación entre la religión y la ciencia, pero no es claro que estas puedan darse en la práctica cotidiana y en situaciones específicas. Por ejemplo, Habermas (2006), refiriéndose a la separación entre Iglesia y Estado, sostiene que un supuesto del Estado liberal es que las decisiones públicas no se basen en una creencia religiosa

particular, lo que implica que los ciudadanos tomen decisiones públicas seculares, dejando de lado sus convicciones religiosas. Sin embargo, este autor indica que en la práctica esa independencia no es posible porque "...muchos ciudadanos no podrían proceder a ese desdoblamiento tan artificial de su propia conciencia sin poner en riesgo sus existencias como personas piadosas" (p. 134). En otras palabras, se pone de relieve que la religión cumple un papel de "asiento" sobre el que se fundamenta la vida cotidiana y las decisiones personales, de manera que las creencias religiosas no pueden verse simplemente como una doctrina, o un objeto de creencia sino como "una fuente de energía de la que se alimenta performativamente la vida entera del creyente" (Habermas, 2006, p. 135). Así que, el ejercicio de la ciudadanía, que implica hacer consideraciones éticas sobre el sentido de la justicia y de la moral, no puede estar fundamentado sobre lo que Habermas (2006) denomina, una "base cognitiva" diferente. De manera que hay un problema para pasar de las relaciones teóricas entre ciencia y religión al plano práctico y cotidiano. En el plano de la teoría se relacionan, por una parte, doctrinas y "objetos de creencia" con definiciones y descripciones sobre el quehacer científico, sus objetos y sus métodos. Pero estas consideraciones, al ponerse en situaciones particulares y en el terreno personal, es probable que no se den.

Si bien en el terreno teórico pueden plantearse diferentes modelos de relación entre la ciencia y la religión, en la práctica cotidiana, tales modelos pueden ser viables o no. Esto implica que los modelos de relación entre religión y ciencia, sean relativos porque, como señala Barbour (2004), es posible que una persona esté de acuerdo con determinado tipo de relación en algunos temas, pero no en otros. De manera que, cualquier forma de relación es una abstracción y una simplificación que no necesariamente tiene un correlato en la vida cotidiana.

Una de las fuentes que provee mejor información para proponer modelos de relación entre ciencia y religión es la historia, en la que se encuentra que su interacción ha sido bastante compleja. Como afirma Brooke (1991): "El estudio serio de la historia de la ciencia ha manifestado que, en el pasado, ha existido una relación extraordinariamente rica y compleja entre ciencia y religión, de modo que es difícil sostener tesis generales. La lección auténtica resulta ser que el tema es complejo" (p. 5). Un planteamiento importante que surge a la luz de la historia es que los conflictos entre ciencia y religión han estado marcados por las condiciones políticas de cada momento y no se han dado exclusivamente por motivos de tipo epistemológico u ontológico. Las relaciones de poder cambiantes a lo largo de la historia han modificado, por ejemplo, la capacidad de la iglesia para censurar e imponer su particular visión del mundo. Además,

la reflexión histórica denota que la religión y la ciencia han tenido diferentes significados a lo largo del tiempo y que sus objetos de estudio y epistemología han variado. Todos estos elementos demuestran que para entender la relación en cuestión es necesario tener en cuenta el contexto particular.

3.4 Modelos de relación ciencia-religión

Los modelos propuestos para relacionar ciencia y religión tienen diferentes versiones que hacen modificaciones a la categorización clásica propuesta por Barbour (2004), quien formula cuatro modos: conflicto, independencia, diálogo e integración. Artigas (2007) considera que dichas formas de relación pueden resumirse en tres modos: hostilidad, indiferencia y cooperación, aclarando que en esta última, Barbour (2004) introdujo una distinción entre una cooperación “débil”, que denomina diálogo, y una cooperación “fuerte”, que denomina integración⁷. Por su parte, Küng (2007) propone una categoría que denomina complementariedad que se sitúa entre el diálogo y la integración. Lo cierto es que los modelos propuestos se mueven alrededor de la categorización propuesta por Barbour (2004). En la Tabla 3.1 se presenta una breve caracterización de los modelos propuestos.

Tabla 3.1. Modelos de relación entre ciencia y religión.

Autores	Tipo de relación	Descripción
Polkinghorne (1986)	Conflicto	Ciencia y religión hacen (al mismo tiempo) afirmaciones contradictorias acerca de una realidad única
	Teología natural	Ciencia y religión hacen las mismas afirmaciones sobre una única realidad y la ciencia ayuda a explicar la naturaleza de Dios
	Modos de pensamiento	Ciencia y religión tienen diferentes clases de objeto de estudio (físico y objetivo versus espiritual y subjetivo)
	Un mundo	Ciencia y religión examinan diferentes aspectos de una única realidad para generar una comprensión más profunda

⁷ Vale la pena aclarar que la mayoría de los autores que han estudiado este asunto (Barbour, Haight, Polkinghorne, Artigas, Udías) pertenecen a la tradición cristiana, por lo que sus referencias a la religión generalmente aluden al cristianismo. Esto implica que se deja de lado un inmenso conjunto de tradiciones, lo que reitera el carácter relativo de las relaciones propuestas.

Auto-res	Tipo de relación	Descripción
Barbour (1990)	Conflicto	De dos tipos: La materia es la única forma de la realidad y el conocimiento se obtiene únicamente a través del método científico; el conocimiento religioso es la única fuente verdadera de conocimiento
	Independencia	La ciencia y la religión difieren de dos formas: sus abordajes para llegar al conocimiento y sus funciones comunicativas.
	Diálogo	Ciencia y religión se apoyan mutuamente en su orientación hacia la búsqueda humana del conocimiento
	Integración	Existen tres maneras de integrar la ciencia y la religión en una única explicación del mundo natural: teología natural, teología de la naturaleza y síntesis sistemática
Haught (1995)	Conflicto	La ciencia y la religión son fundamentalmente incompatibles y una hace afirmaciones que son positivas o normativamente erradas
	Contraste	La ciencia y la religión se enfocan en diferentes tipos de cuestiones y cada una es válida en su propio ámbito
	Contacto	La ciencia y la religión interactúan indirectamente a través de conversaciones entre científicos y teólogos
	Confirmación	La religión subyace a la ciencia, proporcionando una razón para la suposición científica de un universo coherente y ordenado
Nord (1999)	La ciencia triunfa sobre la religión	Cuando la ciencia y la religión están en conflicto, únicamente la religión es correcta
	La religión triunfa sobre la ciencia	Cuando la ciencia y la religión están en conflicto, únicamente la ciencia es correcta
	Independencia	La ciencia y la religión tienen sus propios métodos y dominios de aplicación
	Integración	Tanto la ciencia como la religión contribuyen al conocimiento y a una explicación completa de la realidad, basado en la comprensión de ambas

Autores	Tipo de relación	Descripción
Alexander (2007)	Conflicto	La ciencia y la religión son fundamentalmente contradictorias
	NOMA	La ciencia y la religión abordan dos aspectos separados de la realidad y no se sobrelapan
	Complemento	La ciencia y la religión consideran aspectos de la misma realidad que pueden combinarse para entender la riqueza de la realidad
	Fusión	La ciencia y la religión están completamente integradas dentro una única realidad
Artigas (2007)	Hostilidad	Se da por las posiciones extremas. Una de ellas es el científicismo y el literalismo bíblico. En cada caso la ciencia o la religión se consideran como los únicos modos válidos de conocimiento.
	Indiferencia	Cada una mantiene una estricta separación de ámbitos y no hay diálogos posibles
	Cooperación	Puede ser "débil" o "fuerte". La cooperación débil es posible a través de la reflexión filosófica sobre cuestiones como la ética. La cooperación fuerte trata de hacer una lectura unificadora del mundo.

Fuente: Adaptada y complementada a partir de Yasri, Arthur, Smith y Mancy (2013).

Dado que las cuatro formas de relación de Barbour (2004) esencialmente recogen los planteamientos de otros modelos posibles, a continuación se profundizan algunos aspectos de cada uno de los modos propuestos por él, presentando precisiones hechas por otros autores.

Conflicto. El conflicto es definido por Barbour (2004) como un enfoque que considera que tanto la religión como la ciencia hacen afirmaciones sobre el mismo dominio de la realidad, de modo que se plantea la necesidad de escoger entre una u otra explicación. En la dimensión epistemológica, la ciencia se sustentaría en la lógica, los datos sensibles, mientras que la religión lo haría en las escrituras sagradas, como fuente infalible de conocimiento. Para Barbour (2004), quien se muestra en desacuerdo con este modo de relación, el problema reside en que no se respetan los límites. Por un parte, el materialismo científico, basándose en las explicaciones científicas, asume "pretensiones filosóficas". De otro lado, el literalismo bíblico reclama autoridad en cuestiones científicas, sobre la base de su interpretación de las escrituras sagradas.

De acuerdo con Barbour (2004), el materialismo científico se fundamenta en dos presupuestos, uno ontológico y otro epistemológico. El primero supone que la materia constituye la realidad fundamental de *todo* el universo; el segundo postula que la *única* vía para conocer es el método científico. En esta descripción se hace énfasis en el carácter reduccionista del materialismo científico en dos sentidos: la afirmación de que todas las leyes y teorías de la naturaleza pueden en última instancia deducirse de las leyes de la física y la química, y por otra parte, que todos los fenómenos pueden ser vinculados con elementos materiales.

Barbour (2004) no hace referencia al “reduccionismo metodológico”, una herramienta que otros autores como Artigas (2007) consideran efectiva y apropiada en la investigación científica y que difícilmente puede rebatirse como método. De manera que, según Artigas (2007), aceptar el “reduccionismo metodológico” no implica acoger el “reduccionismo ontológico”, que niega cualquier posibilidad de existencia de lo espiritual y, por ende, de la religión. En la caracterización del reduccionismo que hace Barbour (2004) no se hace tal distinción y se hace referencia al materialismo en general.

Vale la pena aclarar que el materialismo sostiene que todos los fenómenos de la naturaleza tienen una base material, es decir, que no hay nada en el universo que no tenga como sustento una entidad material. Esto no implica necesariamente una postura científista, que se expresa sobre todo en lo epistemológico; como tampoco implica que se considere que todos los niveles de organización de la materia puedan ser reducidos, comprendidos y deducidos a partir de las leyes de la física. De modo que científicismo y materialismo no son iguales, y aunque compartan el mismo supuesto ontológico, difieren en lo epistemológico.

Un ejemplo de científicismo lo ofrece el siguiente pasaje de Dawkins (1990): “Quiero persuadir al lector, no solo de que la visión global (world-view) darwinista es verdadera, sino que es la única teoría conocida que puede, en principio, resolver los misterios de nuestra existencia”. (p. 93). Con esto se absolutiza el darwinismo como una teoría capaz de dar cuenta de todos los aspectos que conforman la existencia humana, tanto biológicos como sociales. De manera que comprendiendo cabalmente el darwinismo y aplicando sus postulados, podrían comprenderse los fenómenos sociales como la cultura, la estructura productiva, etc. Este tipo de reduccionismo

no es compartido por todos los materialistas, quienes de hecho hacen duras críticas a esta perspectiva (Lewontin, 1991).

Para resumir, la relación de conflicto tiene como punto de partida la diferencia en términos ontológicos entre religión y ciencia. Por un lado, la ciencia considera que la realidad es exclusivamente material y no existen entidades espirituales o, por lo menos, no puede demostrarse empíricamente que existan. De esto se desprende una postura epistemológica según la cual la ciencia es la única manera de conocer el mundo, pero también otra postura que deja abierta la posibilidad a otras formas de conocimiento, pero manteniendo el supuesto ontológico de que no existe nada en el universo que no sea material. De otra parte, el literalismo bíblico sostiene que la realidad es tanto material como espiritual, pero si bien la ciencia puede conocer el mundo, en última instancia sus postulados tienen que contrastarse con las fuentes de conocimiento revelado que son las escrituras sagradas. En el caso de que los postulados de la ciencia contradigan lo plasmado en las escrituras, dichos postulados deben considerarse falsos y rechazarse.

Independencia. La independencia considera que ciencia y religión tienen ámbitos diferentes, que son dos tipos de conocimiento que usan lenguajes particulares y cada uno es válido dentro de su propio campo (Udías, 2010; Barbour, 2004). Esta separación, a juicio de algunos (Gould, 2012; Udías, 2010), resultaría conveniente porque mantiene a la ciencia en su lugar, como encargada de describir el mundo natural, y deja a la religión como la encargada de las reflexiones sobre el sentido de la existencia, las preguntas últimas, los criterios morales y la ética. Esto evitaría el conflicto por cuanto los asuntos y su competencia estarían bien delimitados.

La delimitación entre ciencia y religión se relaciona o abre la puerta a una perspectiva de complementariedad o diálogo entre ellas. Desde el punto de vista ontológico, este modo plantea que la realidad tiene un carácter dual, es material y espiritual. En este sentido, la ciencia se ocupa del aspecto natural o físico de la realidad, mientras que la religión se encarga del aspecto espiritual o inmaterial; es decir, ciencia y religión se complementan. Otro elemento que se añade a la diferenciación entre religión y ciencia es que en la primera se privilegia el compromiso subjetivo y, en la segunda, prima el distanciamiento entre el sujeto y el objeto para lograr la objetividad (Barbour, 2004).

Gould (2012)⁸ afirma que entre religión y ciencia no es posible que exista conflicto, puesto que sus objetos de conocimiento y sus objetivos son bastante diferentes. En esta división se considera que la religión debería ocuparse de asuntos como la ética y la moral, sobre las cuales la religión no tiene nada que decir. El siguiente pasaje ilustra este asunto:

La ciencia intenta registrar el carácter objetivo del mundo natural, mientras que la religión se esfuerza con cuestiones espirituales y éticas acerca del significado y de la conducta adecuada de nuestras vidas. Simplemente, los hechos de la naturaleza no pueden dictar un comportamiento moral o un significado espiritual correctos (Gould, 2010a, p. 103).

Sectores científicos y religiosos se han mostrado de acuerdo con la postura de independencia que, como se indicó antes, puede ser base para establecer un diálogo. La Academia Nacional de Ciencias de Estados Unidos (National Academy of Science, 1984) afirma que “la religión y la ciencia son ámbitos separados y excluyentes del pensamiento humano” (p. 6); sin embargo, advierte que, si se presentan conjuntamente en el mismo contexto, esto puede conducir a una incorrecta comprensión de ambas. Por su parte, el papa Juan Pablo II, en la encíclica *Fides et Ratio*, se mostró a favor de establecer límites entre la ciencia y la religión, la razón y la fe, como un paso necesario para generar el diálogo (Papanicolau, 2003).

El cristianismo protestante también se ha mostrado de acuerdo con la separación e independencia entre ciencia y religión. En este caso, se pone un fuerte acento en la forma en que ciencia y religión se acercan al conocimiento. En lo que respecta a la religión, se afirma que el conocimiento es revelado y la fe es vital en este proceso; en relación con la ciencia, se sostiene que conoce a través de la observación y la razón (MacGrath, 2010).

Barbour (2004) considera que la independencia es un buen punto de partida puesto que se respetan los dominios y las formas de conocimiento tanto de la ciencia como de la religión. No obstante, señala que la estricta independencia limita la posibilidad de plantear el diálogo. Por otra parte, sostiene que el hecho de que la vida práctica no esté separada en estancos y que la experiencia tenga carácter global, son razones suficientes para intentar establecer un diálogo conducente a una “teología de la naturaleza”.

8 La propuesta de Gould se conoce como Magisterios no superpuestos (NOMA, por su sigla en inglés). Fue expuesta en su libro *Rocks of Ages. Science and Religion in the Fullness of Life*, cuya versión en español fue traducida como *Ciencia versus Religión. Un falso conflicto*. Nótese que el énfasis que se puso en la versión en castellano no corresponde, por lo menos en el título, con el dado al original.

Diálogo. Los puntos fundamentales sobre los que debe proponerse el diálogo son, según Barbour (2004), las cuestiones de frontera que el conocimiento científico suscita, por ejemplo, los interrogantes sobre el origen del universo o el destino del ser humano y el universo. Estas preguntas pueden ser de tres tipos: 1) cuestiones éticas sobre el uso de la ciencia y la tecnología; 2) presupuestos de la actividad científica, y 3) preguntas ontológicas sobre el sentido, el destino y el origen del mundo.

Dadas las diferencias ontológicas y epistemológicas que existen entre ciencia y religión, Barbour (2004) propone un diálogo al respecto, que denomina “paralelismo metodológico”. Por otra parte, plantea un intercambio sobre aspectos éticos para los que la ciencia en sí misma no tiene respuesta. Esto último se refiere específicamente a los cuestionamientos sobre el uso de la investigación científica y el desarrollo tecnológico. Frente a este punto, el papa Juan Pablo II también consideraba necesario y urgente un diálogo (Papanicolau, 2003). Como se mencionó antes, este tipo de relación implícitamente considera que cualquier reflexión ética tiene que plantearse necesariamente desde una perspectiva religiosa y no se plantea la posibilidad de que se haga desde un enfoque secular.

El diálogo no es del todo simétrico, ya que la ciencia, en cada momento de su desarrollo, hace una imagen lo más completa del mundo, de acuerdo con los conocimientos que en ese punto tiene a su disposición (Udías, 2010). En tal sentido, el papel de la religión no puede ser llenar los huecos del conocimiento científico, una postura conocida comúnmente como “el dios de los huecos”, porque lo sobrenatural se ubica en lo desconocido. Esta perspectiva, no pocas veces adoptada por la religión, supone para ella un problema, por cuanto, el avance del conocimiento científico generalmente “llena” los huecos, desplazando las explicaciones de tipo religioso a otros fenómenos desconocidos por la ciencia o sobre los que tiene poca claridad.

Conscientes de lo que esto representa para la religión, algunos sectores del cristianismo consideran que esto se soluciona aclarando que la religión no aporta nada a la ciencia como conocimiento de la naturaleza en el marco de su epistemología (Papanicolau, 2003). De modo que la religión no debería pretender tener respuestas absolutas sobre la relación del hombre con el mundo; por el contrario, la teología debería tener en cuenta el conocimiento de lo natural para avanzar en sus reflexiones (Udías, 2010). El diálogo no implica rebasar los límites entre una y otra. Al respecto, la opinión sostenida

oficialmente por la Iglesia católica es que en tal diálogo se mantenga la integridad de la religión y la ciencia.

Desde el punto de vista ontológico, el diálogo y la independencia comparten la afirmación de que la realidad es única y que la religión y la ciencia son visiones de dicha realidad. De acuerdo con Barbour (2004), el diálogo “tiene como punto de partida ciertas características de la ciencia o la naturaleza, y no tanto teorías científicas concretas” (p. 155). Este rasgo marca la diferencia con la postura de la integración, ya que esta propone integrar ciencia y religión en aspectos teóricos particulares.

El diálogo entre ciencia y religión es asociado por Barbour (2004) con el surgimiento de cierta espiritualidad vinculada con la naturaleza. De acuerdo con el autor, la visión que ofrece la ciencia sobre la naturaleza podría generar una apreciación estética de la misma que se traduzca en cierta “teología de la naturaleza” que aprecia la divinidad en lo natural. Esto implica otorgar determinada immanencia a Dios en la naturaleza, y no solo sostener su trascendencia con respecto a esta. Esta “espiritualidad centrada en la naturaleza” podría devenir, por ejemplo, en una ética medioambiental que resulta necesaria en la sociedad contemporánea. Es decir, el diálogo resultaría necesario y pertinente para dar salida a problemas acuciantes de la sociedad que requieren una reflexión de orden ético y frente a lo cual la ciencia no tiene una respuesta.

Relacionada con la perspectiva de diálogo se encuentra la de complementariedad, propuesta por Kűng (2007). Esta postura sostiene que la ciencia y la religión son dos visiones de la realidad que no son excluyentes sino complementarias. Kűng (2007) afirma que, en este modo de relación, la teología no tendría que adaptar sus dogmas a los desarrollos de la ciencia y, por su parte, la ciencia no debería instrumentalizar la religión para reafirmar sus postulados. Las perspectivas de complementariedad y diálogo tienen cierta diferencia, aunque no es del todo precisa. En la complementariedad se considera que ni la religión ni la ciencia son visiones completas de la realidad, sino que otras perspectivas como el arte y la ética son necesarias para captar el mundo en su complejidad. Como se evidencia, la distinción no es del todo clara porque en ambas perspectivas se sostiene que hay ámbitos separados de la religión y la ciencia.

Integración. En esta perspectiva, se sostiene que es posible una relación entre la ciencia y la religión que integre sus contenidos traspasando sus

límites. Según Udías (2010), esta relación parecería hacer más referencia a la teología que a la religión en sí misma, porque se trata de integrar ciertos aspectos de la ciencia a las reflexiones religiosas, mas no a las prácticas religiosas. En la integración tiene particular importancia la filosofía, porque es en este terreno donde se propone integrar elementos del conocimiento científico con otros provenientes de la teología (Velázquez, 2012). Barbour (2004) distingue tres variantes de la integración: la teología natural, la teología de la naturaleza y la síntesis sistemática. Por su parte, Udías (2010) sostiene que puede darse dos formas: la primera va del conocimiento científico de la naturaleza hacia una reconsideración de Dios, es decir, desde la ciencia hacia la teología; y la segunda, parte de las creencias religiosas para reinterpretar la ciencia, en otras palabras, desde la teología hacia la ciencia. La primera de estas formas corresponde a la teología natural, y la segunda a la teología de la naturaleza.

La teología natural tradicional en el cristianismo postula que desde el estudio de la naturaleza y mediante la filosofía o la ciencia es posible encontrar un camino *racional* para llegar a Dios. Las cinco vías de acercamiento racional a Dios de Tomás de Aquino son ejemplos de esta postura. Los argumentos de William Paley, en los que se sostiene que la naturaleza muestra la unidad, el diseño y la finalidad son también muestra de la teología natural (Ayala, 2009). En el siglo XX Teilhard de Chardin fue quizás el científico más relevante que adoptó expresamente esta perspectiva. Para él, la evolución se mueve de la materia inerte hacia la vida y esta se dirige hacia la conciencia, que a su vez termina en lo que denominó “Punto Omega”, que identifica con Dios. Las aspiraciones de Chardin eran integrar la ciencia con la doctrina cristiana (Delfgaauw, 1966). Para resumir, la “teología natural” insiste en que la existencia y la naturaleza de Dios pueden ser inferidas a partir del conocimiento del mundo natural, particularmente del diseño y la finalidad que en él se evidencian y, en tal sentido, la ciencia contribuye para hacer visibles dichas características.

En la “teología de la naturaleza” se asume una postura en la que la teología debe atender y ser acorde con las perspectivas científicas del mundo natural; en otras palabras, se propone una reflexión teológica a la luz de los desarrollos de la ciencia (Udías, 2010). Se propone que las creencias religiosas deben transformarse con el tiempo y, además de satisfacer el consenso de la comunidad religiosa, tratar de lograr mayor coherencia y alcance, lo que es posible reinterpretando las creencias religiosas en relación con las teorías y postulados de la ciencia (Barbour, 2004). De acuerdo con esto, cuestiones

como el azar, la determinación, la evolución, entre otras, deben ser motivo de reflexión teológica. En esta postura se mantiene la separación entre ciencia y religión como dos formas diferentes de conocimiento y no se pretende combinar sus metodologías.

3.5 A manera de conclusión

En el marco de la didáctica de las ciencias, al estudiar la relación entre ciencia y la religión, esta última no debería considerarse solo como una forma de conocer o explicar el mundo natural, ya que plantea una forma de vida que abarca aspectos morales que no están del todo dentro del marco de estudio de las ciencias naturales. En este sentido, limitarse a una definición sustantiva de la religión no permite dar cuenta de todos los aspectos y ámbitos en los que lo religioso se expresa en los procesos de enseñanza y aprendizaje. Es decir, la religión se concibe como una guía para vivir en el mundo y no necesariamente se asume como un método para conocerlo.

El posible conflicto entre la religión y la ciencia en las aulas de ciencias no se debe exclusivamente al hecho de que las ideas religiosas se constituyan en una explicación del mundo natural, sino también porque ellas configuran una dimensión ética en los sujetos que puede asumirse en contradicción con la enseñanza de las ciencias y de la evolución.

En lo que respecta a la formación docente, cabe señalar que la comprensión de naturaleza de la ciencia, así como de la naturaleza de la religión y su diversidad, puede contribuir a una reflexión crítica sobre el papel que juegan las creencias religiosas personales en la enseñanza y aprendizaje de las ciencias, en un panorama de diversidad religiosa creciente y, a la vez, de secularización de la sociedad.

3.6 Bibliografía

- Artigas, M. (2000). *La mente del universo*. Pamplona: EUNSA.
- Artigas, M. (2007). *Ciencia y religión: conceptos fundamentales*. Pamplona: EUNSA.
- Avelar, T., & Gaspar, A. (2007). Evolução e religião nos sécs. XIX e XX. En: T. Avelar & A. Gaspar. (eds.) *Evolução e criacionismo: uma relação impossível*. Portugal: Quasi edições. (115-131).
- Ayala, F. (2009). Darwin y la teoría de la evolución: presente, pasado y futuro. *Ambiociencias*, (Número monográfico), 11-18.
- Barbour, I. (2004). *Religión y ciencia*. Madrid: Trotta.
- Brooke, J. H. (1991). *Science and religion: Some historical perspectives*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Chalmers, A. (2003). *¿Qué es esa cosa llamada ciencia?* España: Siglo Veintiuno.
- Davie, G. (2011). *Sociología de la religión*. Madrid: Akal.
- Dawkins, R. (1990). *El gen egoísta*. España: Salvat Editores.
- Delfgaauw, B. (1966). *Teilhard de Chardin y el problema de la evolución*. Buenos Aires: Carlos Lohlé.
- Geertz, C. (2003). *La interpretación de las culturas*. Barcelona: Gedisa.
- Glennan, S. (2009). Whose Science and Whose Religion? Reflections on the Relations Between Scientific and Religious Worldviews. *Science & Education*, 18, 797-812.
- Gould, S. J. (2012). *Ciencia versus religión: un falso conflicto*. Barcelona, España: Crítica.
- Habermas, J. (2006). *Entre naturalismo y religión*. Barcelona: Paidós.

Haught, J. (1995). *Science and religion. From conflict to conversation*. New York: Paulist Press.

Irzik, G., & Nola, R. (2011). A Family Resemblance Approach to the Nature of Science for Science Education. *Science & Education*, 20(7-8), 591–607. doi:10.1007/s11191-010-9293-4

Küng, H. (2007). *El principio de todas las cosas. Ciencia y religión*. Madrid: Trotta.

Levy-Leblond, J. M. (2004). *La piedra de toque. La ciencia a prueba*. México D. F.: Fondo de Cultura Económica.

Lewontin, R. (1991). *Biology as ideology*. Nueva York: Herper Perennial.

MacGrath, A. (2010). *Science and religion: a new introduction*. Malden: Wiley-Blackwell.

Medawar, P. (1984). *Los límites de la ciencia*. México: Fondo de Cultura Económica.

Moulian, R. (2009). Somatosemiosis e identidad carismática pentecostal. *Revista Cultura y Religión*, 3(2), 188-197.

Moura, F. (2016). *“Escola sem Partido”: relações entre estado, educação e religião e os impactos no ensino de história*. (Tesis de maestría). Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.

Munévar, J. (2005). La libertad religiosa en Colombia. Orígenes y consecuencias. En: A.

National Academy of Science. (1984). *Science and creationism*. Washington D. C.: National Academy Press.

Nord, W. (1999). Science, Religion, and Education. *Phi Delta Kappan*, 81(1), 28-33.

Papanicolau, J. (2003). Religión y ciencia en el pensamiento de Juan Pablo II. *Teología*, 82, 83-113.

Parente, P., Piolanti, A. y Garofalo, S. (1955). *Diccionario de teología dogmática*. Barcelona: Editorial Litúrgica Española.

Polkinghorne, J. (2007). *Explorar la realidad: La interrelación de ciencia y religión*. España: Sal Terrae.

Reiss, M. J. (2010). Science and religion: Implications for science educators. *Cultural Studies of Science Education*, 5(1), 91-101.

Taber, K. (2013). Conceptual frameworks, metaphysical commitments and worldviews: The challenge of reflexing the relationships between science and religion in science education. En: N. Mansour y R. Wegerif (eds.). *Science education for diversity*. New York: Springer. (pp. 151-177).

Udías, A. (2010). *Ciencia y religión. Dos visiones del mundo*. Santander: Sal Terrae.

Van Huyssteen, W. (2003). *Encyclopedia of Science and Religion*. Estados Unidos: Thomson Gale.

Velázquez, H. (2012). Finalidad y naturaleza: el puente filosófico para el diálogo entre ciencia y religión. En: J. L. Bonilla. (ed.) *Ciencia y religión: Horizontes de relación desde el contexto latinoamericano*. Bogotá, D.C.: Universidad de San Buenaventura. (pp. 101-120).

Yasri, P., Arthur, S., Smith, M. y Mancy, R. (2013). Relating Science and Religion: An Ontology of Taxonomies and Development of a Research Tool for Identifying Individual Views. *Science & Education*, 22(10), 2679-2707. doi:10.1007/s11191-013-9623-4

4. Traducción en el discurso científicista: el caso del programa ECBI (enseñanza de la ciencia basada en la indagación) en Chile⁹

*Soledad Andrea Castillo Trittini*¹⁰

*Alice Casimiro Lopes*¹¹

4.1 Situando la investigación

En Chile, en el año 2012, durante el primer gobierno de Sebastián Piñera (2010-2013), fue elaborado un documento con nuevas bases y planes de estudio, confiriéndole mayor centralidad a la enseñanza de las ciencias en las políticas curriculares. En parte, tal opción se debió a la repercusión que tuvo el resultado, considerado como deficiente, de los estudiantes chilenos en la prueba PISA en los años 2006 a 2009. En las políticas desarrolladas durante ese periodo, la mejora de la calidad de la educación pasó a relacionarse con la necesidad de los alumnos de adquirir competencias científicas que se reflejasen en una conducta ciudadana, considerada como pertinente para los tiempos de hoy. Entre las acciones desarrolladas

9 Este capítulo es fruto de la investigación que generó la tesis doctoral de Soledad Andrea Castillo Trittini, orientada por Alice Casimiro Lopes. Disponible en www.proped.pro.br

10 Profesora de Educación Básica con mención en Estudio y Comprensión de la Naturaleza. Desarrolló estudios de Magíster y Doctorado en el programa de Posgraduación de la Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Actualmente es profesora en la Universidad Metropolitana de Ciencias de la Educación, Facultad de Filosofía y Educación, Departamento de Educación Básica, y en el Colegio de educación básica “Bremen”, de la Comuna de El Bosque. solecastillo7@hotmail.com

11 Profesora del Programa de Postgraduación en Educación de la Universidad del Estado de Rio de Janeiro. Investigadora nivel 1 B del Consejo Nacional para la Investigación en Brasil CNPq e investigadora de la Fundación Carlos Chagas Filho de Apoyo a la Investigación del Estado de Río de Janeiro FAPERJ (CNE/Faperj). alicecasimirolopes@gmail.com

en ese contexto, consta el programa *Enseñanza¹² de las ciencias basada en la indagación* (ECBI), foco del presente artículo.

En la investigación sobre las políticas de currículo para la enseñanza de las Ciencias desarrollada en Chile en la historia reciente, nos hemos dedicado a entender la articulación que constituye un discurso sobre la calidad de la educación. Por medio de la investigación de textos y acciones dirigidas a la enseñanza de las Ciencias para alumnos chilenos de enseñanza básica entre diez y doce años de edad, con foco en el Programa ECBI, hemos defendido que se ha constituido un discurso con trazos cientificistas. En un artículo anterior (Castillo Trittini y Lopes, 2016), argumentamos que tal discurso, que denominamos como cientificista, es producido por la articulación de demandas curriculares diferenciales: demandas por solucionar problemas sociales con base en el raciocinio y en la información científica; demandas para generar un mayor interés en lo alumnos para seguir carreras científicas; por proyectar subjetividades científicas; por elevar el estatus de la enseñanza de las ciencias, aproximándolo a la enseñanza con enfoque académico; por formar un actuar ciudadano capaz de resolver cuestiones ambientales; por construir una pedagogía más autónoma y científica, capaz de alcanzar el aprendizaje de temas científicos.

Defendemos que esa articulación es propiciada por el antagonismo hacia una pedagogía considerada como incapaz de incluir a la ciencia y es realizada en nombre de una pedagogía que se supone más efectiva, por estar basada en la ciencia y en la indagación. En otras palabras, una pedagogía significada como centrada en la transmisión de contenidos es condenada en nombre de una pedagogía que se supone más efectiva, por ser científica. Esa pedagogía que se quiere combatir garantiza la equivalencia entre demandas diferenciales. En ese proceso de disputa entre representaciones de lo que es la educación, la representación de una falta (social) de conocimientos científicos favorece la articulación que faculta la acción de los especialistas disciplinares, significados como formuladores de una pedagogía científica, en el currículo de las escuelas y en la formación de profesores.

A través de esa argumentación, buscamos entender la hegemonización, en los términos de Laclau y Mouffe (2011), del cientificismo. En ese proceso,

12 El programa ECBI, en Chile, es denominado como Educación en Ciencias Basada en la Indagación o como Enseñanza en Ciencias Basada en la Indagación. Optamos por usar este último por considerar que está más de acuerdo con el objetivo do Programa. Vislumbramos esto al notar un especial énfasis en lo metodológico que, como sostenemos, es traducido y resignificado; sin embargo, acaba siendo un objetivo potente dentro de dicho programa. Este programa es latinoamericano, pero discutimos su introducción en las políticas curriculares de Chile.

interpretamos cuánto ese discurso se remite de forma espectral a discursos que circulan hace mucho en el campo de la enseñanza de las ciencias y cuánto se diferencia localmente, por la incorporación de demandas actuales. Si los discursos científicistas fueron justificados en otros tiempos, como el de la Guerra Fría, por la búsqueda de desarrollo científico-tecnológico, hoy en Chile, ese debate, aunque no se aleje totalmente de la preocupación respecto al desarrollo económico a ser garantizado por la ciencia y la tecnología, se inclina de manera central para afirmar que las subjetividades científicas pueden propiciar la solución de problemas sociales. Como también afirmamos en Castillo Trittini y Lopes (2016), ese proceso no se remite tanto al objetivo de llevar a los estudiantes al laboratorio, como suena en propuestas vinculadas al método de la redescubierta de los años 60, sino más bien a la apuesta de llevar a un científico para cada escuela.

En este artículo, no es de nuestro interés dar visibilidad a la constitución del proceso hegemónico sino más bien utilizar la noción de traducción para comprender cómo el discurso científico –así como todo y cualquier discurso– no tiene una propiedad que garantice su identidad. Los textos que circulan buscando difundir un contenido científico –siempre una representación de la ciencia– no son inmunes a la interpretación y a la traducción. De forma más amplia, defendemos, con base en la perspectiva discursiva y posestructural de las políticas de currículo desarrolladas en Brasil por Alice Casimiro Lopes, que ningún texto político resiste a la traducción y tampoco ningún texto autoriza una lectura obligatoria. Como forma de expresar este proceso, procuramos interpretar la suplementación de rasgos (*traces*) científicos por registros que remiten a sentidos afirmados como contextuales, porque tales sentidos se leen como distantes de las referencias universales científicas.

La fuerza de una política depende de la diseminación de sus sentidos, de la lectura de sus variados textos. Eso implica afirmar que su poder está correlacionado con su obligatorio fracaso de diseminarse plenamente. Ningún texto, en la perspectiva de Derrida, puede elegir como necesaria alguna lectura particular de sí mismo (Bennington, 2004, p. 12). Será siempre sometido a la traducción, a la iteración, en un proceso que no puede ser contenido o identificado como teniendo una propiedad o un contenido fijo. La interpretación de la traducción se convierte así en un intento de leer lo diferente en el mismo (Ottoni, 2005), de ampliar las posibilidades de lectura, de desplazar fronteras entre categorías supuestas como conocidas y fijadas: universal/particular, conocimiento científico/conocimiento popular, conocimiento universal/conocimiento contextual.

Considerando tal propósito, se investigaron documentos curriculares chilenos, elaborados y firmados como oficiales entre 2009 y 2013, colocando especial atención en trabajos presentados en las cinco ediciones del Congreso Latinoamericano de Profesores de Ciencias organizado en ese mismo periodo. Este Congreso es un evento asociado al ECBI en el que profesores de la enseñanza básica presentan trabajos realizados con sus alumnos, sobre orientación de dicho programa. Eventualmente, en la investigación más amplia, recurrimos también a entrevistas con actores sociales participantes del ECBI y del Congreso.

La lectura de la política a través de esos textos y documentos seleccionados es posible al comprender que ellos no expresan sentidos de forma transparente, así como tampoco revelan un dato o una esencia. Nuestro foco, desarrollado en muchas de las investigaciones de nuestro grupo¹³ (Cunha y Lopes, 2017a, 2017b; Costa y Lopes, 2016; Craveiro y Lopes, 2015; Lopes y Borges, 2015; Matheus y Lopes, 2014; Oliveira y Lopes, 2011), está dirigido a las prácticas discursivas y a las tentativas de representación de la política, con sentidos siempre pospuestos y nunca plenamente interpretados o restringidos a un cierre definitivo y último. Los textos de ese congreso fueron leídos como parte de la textualidad política más amplia. No son el origen de una determinada política para la enseñanza de las ciencias ni tampoco están fuera de la producción de sentidos de la política. Como tantos otros textos políticos, ponen en marcha sentidos que van diseminando y produciendo identidades y subjetividades.

La teorización que nos faculta ese modo de investigación está pautada en el enfoque discursivo de las políticas de currículo (Lopes, 2015a; 2015b; 2017). A través de ese enfoque, se entiende que discurso no es lenguaje, sino más bien una práctica de significación. Discurso es el terreno primario de constitución de toda identidad, de toda objetividad (Laclau y Mouffe, 2011). La política de currículo, en ese sentido, es la lucha por los procesos de significación de lo que es currículo, la lucha por llenar los significantes relacionados al currículo: evaluación, profesor/a, alumno/a, escuela, calidad, innovación, formación, entre tantos otros.

Para presentar las conclusiones de esta investigación, organizamos este artículo describiendo primeramente el Programa ECBI y las pretensiones globales y universales, así como su cientificismo. Buscamos entender cómo ese discurso se contextualiza en Chile, una vez que es incorporado a las demandas

13 Grupo de investigación Políticas de currículo e cultura, coordinado por Alice Casimiro Lopes, integrante da línea de pesquisa Currículo: sujeitos, conhecimento y cultura (www.curriculo-uerj.pro.br) del Programa de Posgrado en Educación (ProPEd) de la Universidad del Estado do Rio de Janeiro (UERJ) (www.proped.pro.br).

supuestas como locales. Luego, discutimos a través de la investigación de los trabajos del Congreso Latinoamericano de Profesores de Ciencias, diferentes interpretaciones de textos que se presentan como representación de la ciencia. Defendemos que los trabajos presentados en ese contexto son textos sometidos a procesos de disputa por representaciones sobre cómo debe ser el currículo de ciencias.

4.2 El Programa ECBI: un cientificismo entre lo global y lo local

El Programa ECBI es una iniciativa institucional a nivel internacional, creada en julio de 1987, con el objetivo de proponer una metodología que recrease en la sala de clases la forma como los científicos trabajan en el laboratorio, que pudiera fomentar la curiosidad en los alumnos y, al mismo tiempo, los desafiase a trabajar con rigor científico. Ese programa es parte de un movimiento internacional que incluye, entre otros, el programa francés conocido como “*Le main à la pâte*” (Manos en la masa)¹⁴, del NSRC¹⁵, con características, objetivos y forma de organización semejantes. Dada su capilarización por diferentes países, situamos a ECBI como una de las acciones de globalización y convergencia de políticas en el ámbito del currículo de Ciencias en la actualidad.

En las prácticas de transnacionalización, la globalización comprende tentativas de homogenización, así como la creación de espacios de convergencia en los modos de regulación de las políticas educacionales. Esas tentativas son entendidas, en nuestras investigaciones, como asociadas a espacios de reafirmación y contestación (Fazal y Lingard, 2013; Lopes, 2008), buscando romper con la linealidad de las relaciones de causa-efecto con que muchas veces tales políticas son asociadas. Defendemos que discursos de diferentes matrices pedagógicas, siempre hibridizados, operan en las políticas de currículo. Tales discursos forman parte de la historia del campo y tienen relación con variadas tradiciones educativas; no se originan en una determinada organización, en un determinado centro de poder, siendo siempre sometidos a otras lecturas y a otros sistemas discursivos. Tratamos de cuestionar las ideas de pureza y originalidad de los discursos, así como la interpretación de que

14 “*Le main à la pâte*” es un programa permanentemente citado tanto en las versiones del Congreso Latinoamericano de Profesores de Ciencias, como en conferencias de divulgación del programa ECBI.

15 NSRC: National Science Resources Center de Estados Unidos. Este centro tiene como objetivo transformar y mejorar los aprendizajes y enseñanza de la ciencia para los estudiantes de enseñanza básica y media.

discursos globalizados emanan de instituciones internacionales. Si programas como el ECBI consiguen hegemonizarse en países de América Latina, como fue el caso de Chile, es porque son articulados a demandas locales y traducidas formando nuevos contextos.

Sin desconsiderar las acciones directas de agencias multilaterales en el financiamiento de proyectos curriculares, optamos, con la perspectiva discursiva, por distanciarnos de una concepción verticalizada de políticas curriculares de Estados-nación. Intentos por controlar la significación, como las producidas por la forma de financiamiento, constituyen las políticas curriculares. La posibilidad, con todo, de que propuestas globales se institucionalicen, depende siempre de la capacidad de negociación con demandas supuestas como locales que pueden o no coincidir política y económicamente con esos proyectos. Aunque existan objetivos de transferencia de políticas, estos no son alcanzados plenamente. Lo que es supuesto como una “simple” transferencia, lo entendemos como un proceso complejo, capaz de crear tensiones en las regulaciones de organismos internacionales y las múltiples traducciones que crean varias lecturas diferentes de esos proyectos (Lopes, Cunha y Costa, 2013).

En Chile, en 2003, la metodología ECBI se introdujo para trabajarla con alumnos de quinto a octavo año de enseñanza básica, inicialmente en seis escuelas con cobertura de 1000 alumnos en la *Comuna de Cerro Navia*¹⁶, donde viven familias de bajos recursos y alta vulnerabilidad social. El Programa fue una iniciativa de la Academia Chilena de Ciencias, de la Facultad de Medicina de la Universidad de Chile, del Ministerio de Educación y con financiamiento de la Fundación Andes¹⁷, se desarrolló en conjunto con organizaciones internacionales líderes en la enseñanza de las ciencias a nivel mundial, como la Academia de Ciencias de Francia, la National Academy of Sciences y del Smithsonian Institute, de Estados Unidos.

En su promoción en Chile¹⁸, las actividades relacionadas al ECBI fueron inicialmente lideradas por el médico Jorge Allende¹⁹ y la bioquímica Rosa

16 Barrio periférico de la capital, Santiago.

17 La Fundación Andes es una institución privada, sin fines de lucro, creada en 1983. Tiene como propósito colaborar en el desarrollo del país, *mejorando la calidad de vida y el patrimonio espiritual de sus habitantes*. Link: http://www.chile.com/secciones/ver_seccion.php?id=59746

18 La cobertura del programa ECBI se extendió de manera rápida, en términos de escolarización, para el primer y segundo año de enseñanza básica. Fueron incorporados también dos barrios con las mismas características del inicial, lo que significó la inclusión de 24 escuelas, abarcando dos años más de escolarización.

19 Dr. Jorge Allende, vicerrector de Investigación y Desarrollo de la Universidad de Chile y director de la Fundación Allende Conelly, institución sin fines de lucro, que tiene como objetivo la investigación y difusión de las ciencias.

Devés²⁰. Chile ha ocupado un papel importante en la divulgación de esta metodología, con especial apoyo de la Universidad de Chile, institución de la que son parte esos dos profesionales. Esta institución ha tenido también un papel central en la divulgación de esas actividades a nivel nacional e internacional²¹.

Actualmente, el ECBI pertenece al programa de expansión y profundización del Programa de Educación en Ciencias Basadas en la Indagación (ECBI) como Instrumento para la Cohesión Social²² del Proyecto Educación y Cohesión Social desarrollado por medio del Programa de Apoyo a la Cohesión Social Unión Europea-Chile de la Agencia de Cooperación Internacional (AGCI), perteneciente al Ministerio de Relaciones Exteriores²³.

Esta iniciativa, afirma, se incluye entre los objetivos que pretenden fomentar políticas que “contribuyan a superar la desigualdad y promover el diálogo social, además de colaborar para el desarrollo de una política de descentralización que fortalece las capacidades locales” (CHILE, AGCI, 2013, p. 29). El objetivo de democratización de la enseñanza científica como un derecho de todos y no un saber restringido a quienes desarrollarán carreras en el ámbito científico-tecnológico (Devés y Lopes, 2005) también es anhelado. Tales objetivos no se desarrollan al unísono, sin tensiones. Conviven de forma conflictiva con el propósito de formar más científicos, demandado por la comunidad científica internacional (Harlen, 2011).

Tales objetivos más puntuales son amplificadas por lo que denominamos discurso con trazos científicistas. La idea parece ser proyectar identidades científicas más allá del contexto meramente profesional. En el marco curricular de la reforma educacional, impulsada en Chile por el Ministerio de Educación durante la última década, puede leerse que:

20 Rosa Devés, Vicerrectora de Asuntos Académicos y directora general del ECBI, la directora del Programa de Educación en Ciencias Basada en la Indagación del Mineduc, Patricia López, junto al vicerrector Jorge Allende.

21 En 2008, el Programa ECBI- Universidad de Chile fue anfitrión de la *Conferencia Internacional de Desarrollo Profesional para Profesores de Ciencias de Educación Básica* realizada en la Universidad de Chile, actividad que fue patrocinada por el Panel Inter Academias (IAP) y el Ministerio de Educación de Chile.

22 Expansión y profundización del Programa de Educación en Ciencias basada en la Indagación (ECBI) como instrumento para la cohesión social. El modelo ECBI fue incorporado en 413 escuelas teniendo como ejecutor el Ministerio de Educación.

23 Acceso en julio de 2016: (http://cooperacionue.agci.cl/cs/index.php?option=com_content&view=section&layout=blog&id=15&Itemid=72).

La formación científica básica se considera necesaria por las siguientes razones. En primer lugar, por el valor formativo intrínseco al entusiasmo, el asombro y la satisfacción personal que puede provenir de entender y aprender acerca de la naturaleza. En segundo lugar, porque las formas de pensamiento típicas de la búsqueda científica son crecientemente demandadas en contextos personales, de trabajo y sociopolíticos de la vida contemporánea; el no estar familiarizados con ellas, será en el futuro una causal de marginalidad aún mayor que en el presente. En tercer lugar, porque el conocimiento científico de la naturaleza contribuya a una actitud de respeto y cuidado con ella, como sistema de soporte de la vida que, por primera vez en la historia, exhibe situaciones de riesgo global. Desde esta perspectiva, la educación científica se entiende como una herramienta para la vida, una fuente de satisfacción y una escuela de valores. (Link: <http://www.innovec.org.mx/IIIconferencia/Espanol/ecbi.htm> acceso en 3 de julio de 2015).

El valor formativo de la formación científica y sus líneas de pensamiento demandadas, así como los valores que serían reforzados a través de sus prácticas están entre los discursos que sustentan la idea de una inserción bien sucedida de sujeto en la sociedad actual. Al entender que la calidad es significada como el mejor conocimiento para ser enseñado y el camino a recorrer para garantizar tal conocimiento, discursos y sujetos son instados a hegemonizar cierta lectura de la enseñanza de las ciencias, supuesta como capaz de garantizar esa calidad.

La enseñanza de las ciencias, de esa forma, ha adquirido centralidad, al asociarse a la idea de progreso y adaptabilidad de los sujetos. La ciencia es significada como una forma para descubrir y aprender y una excelente escuela para adquirir competencias que preparen a los niños para desenvolverse en la sociedad actual (Chile, 2012). La necesidad de formación en ciencias se sustenta en que las formas de pensamiento típicas de la búsqueda científica son crecientemente demandadas en contextos personales, de trabajo y sociopolíticos de la vida contemporánea; el no estar familiarizados con ellas será en el futuro una causal de marginalidad aún mayor que en el presente. (Link: <http://www.innovec.org.mx/IIIconferencia/Espanol/ecbi.htm#1>).

Para promover la enseñanza de las ciencias dirigida al desafío de fomentar la curiosidad e interés del alumno, así como desarrollar saberes científicos, se considera que el currículo debe tener en cuenta “cómo aprenden los niños y niñas y tomando en cuenta el aporte necesario e indispensable de los propios científicos” (Michaels, Shouse, Schweingruber, 2014, p. xi). El programa ECBI

es colocado como una evidencia del suceso *que es posible obtener cuando científicos se vuelcan en la tarea de la enseñanza de la ciencia* (Michaels, et al., 2014, p. xiv); tarea para la cual la formación de “profesores de ciencias a nivel de educación básica requeriría de conocimientos, experiencias y fortalezas presentes en los numerosos científicos” (Michaels, et al., 2014, p. xiv). Para eso, sería necesario tejer una “trama que vaya desde aquellos que crean la ciencia y quienes las enseñan, pasando por los formadores de profesores y expertos en instituciones de administración de la educación” (Michaels, et al., 2014, p. xiv).

En el proceso de hegemonización de ese discurso (Laclau y Mouffe, 2011), una de las acciones organizadas es la de “colaboración fructífera entre científicos y educadores” (Deves y Reyes, 2007, p. 7). El plano de acción del ECBI, denominado en la propuesta como de tipo sistémico (ECBI, 2012), presupone la articulación mutua entre los contextos científico, escolar y académico; global y local. El ECBI es, de esa forma, divulgado como adoptando, de manera explícita, una línea de aprendizaje constructivista y de respeto por la individualidad del alumno en términos de “ritmo” y “capacidades”. La indagación significa al aprendizaje como un *continuum*, asociándolo a la idea de “ciclo de aprendizaje”. La estrategia de “enfoque sistémico”, mencionada por el programa, se asocia a la manera como la comunidad, como un todo, debe estar involucrada en el proceso.

Tal estrategia de diseminación del ECBI acaba reforzando la hibridación y traducción de sus discursos de manera permanente y que, en ese proceso, espacios y sujetos se reinscriban. Esto porque cualquier monismo en la interpretación de estos textos es también derivado de las restricciones establecidas en dadas relaciones de poder. Estas restricciones, sin embargo, nunca se realizan en plenitud. Como Bennigton (apud Derrida; Bennigton, 1996, p. 120) afirma: “Ningún texto, ni siquiera el texto de la ley que, sin embargo, sueña con ello, prescribe una lectura inevitable, no sería lectura si fuera inevitable; pero texto alguno autoriza el “cualquier cosa” puro, que tampoco sería una lectura”. Así, las propuestas pedagógicas y metodológicas son resignificadas de manera permanente en múltiples lecturas sobre las cuales no se tiene control. Los varios discursos que constituyen al currículo son resignificados en un proceso de traducción cultural. Otras cadenas discursivas locales, por relaciones de poder oblicuas, no explícitas y tampoco obvias, atraviesan al discurso cientificista. Son contextos locales que “ninguna dominación cultural es tan poderosa a punto de minar” (Bhabha, 2003), pero que, sin embargo, no están inmunes a las tentativas de fijar sentidos,

parte de la dinámica hegemónica. A esos procesos de disputa de sentidos buscamos dar visibilidad en la próxima sección.

4.3 La traducción del científicismo

Los trabajos del Congreso Latinoamericano de Profesores de Ciencias son comprendidos en esta investigación como textos que disputan representaciones sobre cómo el currículo de ciencias debe ser. El Congreso y las redes de sentido producidas en torno a él es un espacio más en que se produce el conocimiento, se plasman las ideas y se generan los debates respecto de lo que se entiende como enseñanza de las ciencias, cultura, escuela, el “otro”. Como se ha afirmado entre los objetivos del primer congreso, este es un espacio que ofrece “a las y los docentes participantes instancias de discusión y reflexión acerca de la importancia de su formación continua y promover la generación de propuestas para el continuo mejoramiento de la enseñanza de las ciencias”²⁴. Por más que el incitar a los profesores a reflexionar y discutir se utilice como una estrategia de difusión del Programa ECBI, los grupos de discusión extrapolan los límites de dicho Programa.

Se produce así un contexto de lucha política (más amplio que el espacio del congreso), los sujetos se constituyen por dinámicas de diferencia y actúan en la constitución de las políticas del currículo para la enseñanza de las ciencias. Este entendimiento hace que sea imposible identificar un determinado grupo social, referido a un sistema ordenado y coherente de “posiciones de sujetos” (Laclau, 2005). Los actores sociales involucrados en los congresos son subjetivados como el resultado contingente de operaciones articuladoras de demandas diferenciales. Por eso, nuestro foco no se concentra en identificar solo lo que dicen los profesores actuantes en dicho evento. También los científicos participan del proceso sin límites de traducción del discurso científico, al ser subjetivados de forma diferenciada en el nuevo contexto que se crea, en las nuevas relaciones establecidas en el ámbito de los procesos discursivos desencadenados.

Los trazos semejantes entre los trabajos no significan la existencia de un límite determinante que sustente y justifique ese tipo de relación y no otra. Hibridismo es lo que plasma esas producciones. Al mismo tiempo en que

24 Link: http://www.oei.es/noticias/spip.php?article5303&debut_5ultimasOEI=105. Acceso en agosto de 2016.

los actores sociales intentan fijar un determinado tipo de conocimiento, significado como académico, que pueda orientar sus producciones, valorizan, intencionalmente o no, temas de tipo ético-moral que remiten a nuevos contextos y rompen con la exclusividad de esa categoría.

Entre algunos trabajos, podemos mencionar los desarrollados por los académicos Luis Barrera, doctor en Astronomía, coordinador de investigación del Departamento de Física de la Universidad Metropolitana de Ciencias de la Educación (UMCE), en el III Congreso Nacional para profesores de ciencias de Educación Básica, el abordaje de temáticas específicas como Evolución de la especie humana, presentada por Angel Spotorno Oyarzún, doctor en Zoología de la Universidad de California y profesor de Genética Humana de la Facultad de Medicina de la Universidad de Chile.

Charles Eyraud, del Instituto Francés de Educación de la Ecole Normale Supérieure de Lyon, especialista en formación inicial y continua de profesores de ciencias de Enseñanza Básica y Media, presentó la conferencia Astronomía en la educación Básica, basada en el desarrollo de habilidades de pensamiento científico que incluyan “las formulación de preguntas, la observación, la predicción, la descripción y registro de datos, el ordenamiento e interpretación de información, la elaboración y el análisis de las hipótesis, procedimientos y explicaciones, la argumentación y el debate” (Eyraud, 2011).

En ese mismo congreso, Silvia Redón Toledo, doctora en Educación y Jefa de Investigación de la Pontificia Universidad Católica de Valparaíso, impartió el taller Escuela, democracia y ciudadanía que exploró el espacio de la “escuela” como un terruño²⁵ común (Redón, 2009). La investigadora desarrolló el cuestionamiento sobre qué es lo común, a la formación en ciudadanía, su relación con la democracia y con la escuela. Se abordaron temas como “el otro como diferente” y la cultura escolar dominante, entendiendo la escuela como un espacio de sociabilidad, en el que se forja la identidad del ciudadano desde, para, en y hacia el legítimo “otro” que debe ser significativa desde la “deconstrucción y reconstrucción de la vivencia del poder y la ética para dar paso a una nueva “interpretación” de lo que la escuela significa” (Redón, 2009).

Estas discusiones se desarrollaron en un sesgo metodológico diferente de aquel presentado hegemónicamente en la propuesta sobre Indagación Científica para el programa ECBI, de tipo constructivista, en el que cada alumno

25 Terruño se refiere al lugar en el que viven las personas.

construya una comprensión de fenómenos de la realidad²⁶, en donde cada estudiante trabaja a su propio ritmo y capacidades hacia un desarrollo de habilidades cognitivas, sociales y personales junto con una comprensión cada vez más rica del medio que le rodea. En ese medio, se hacen referencias a una “realidad” configurada por habilidades diversas, sociales y personales, “realidades” que no siempre se inclinan hacia criterios científicistas, por estar dirigidas a la vida de las personas.

En ese proceso permeado por las diferencias constituidas de manera permanente, otros sentidos, no identificados usualmente como científicos, se producen y movilizan. La participación de académicos que desarrollan temáticas específicas, como la del doctor Spotorno, referente a la especie humana y a la genética, presenta sus asuntos, asociados al ámbito científico-académico en un congreso dirigidos a profesores de ciencias de enseñanza básica. Para eso, dialoga con referencias de los profesores, distantes de su práctica científica.

Las temáticas presentadas por la profesora Redon, con objetivos vinculados a la formación para la ciudadanía, llevan al hibridismo y los procesos de traducción en la tentativa de “transferencia” de sus conceptos hacia contextos no metodológicos ni científicos. Aunque no hay una propiedad que lleve un texto a ser considerado como científico, las relaciones de poder producen discursos que clasifican e insertan ciertos textos y actores sociales en el registro científico. Pero siempre hay exceso de enunciación. Cualquier significado es contextual, relacional, siempre implica remitir un significante a otro significante y simultáneamente posponer lo que podría considerarse un concepto, una identidad, un sujeto, un objeto, una finalización del proceso de significar (Lopes, 2018). Por más que autores sociales sean considerados “científicos” y “portavoces” de un discurso científicista, tales discursos son recreados en un nuevo contexto.

Algunos de los trabajos presentados por los profesores obedecen a otras problemáticas, atinentes a una contingencia temporal, como en *Indagando en la marea roja* (Arévalo, 2014), que habría surgido del “interés de las y los estudiantes, activado por noticias relativas al tema”. Otros, como el trabajo *Apuesta a la prevención del cáncer de colon* (Ojeda, 2012), se basa en los hábitos alimenticios y grado de información que posee sobre la importancia del cuidado del colon en la población local. En ese proyecto se destaca la entrega de datos de prevención del cáncer de colon y dietas de

26 Para mayores detalles, visitar el link: <http://www.ecbichile.cl/home/metodo-indagatorio/>. (Acceso en septiembre de 2016).

desintoxicación del cuerpo a los habitantes de la localidad (Ojeda, 2012). Al mismo tiempo, se destaca como uno de los objetivos de mayor importancia alcanzados, el hecho de los alumnos sentirse valorados y apreciados por su trabajo, además de obtener un aprendizaje muy significativo e importante para su propio estilo de vida (Ojeda, 2012).

La imposibilidad de pureza en las perspectivas pedagógicas y en las metodologías utilizadas permiten construir un proyecto como este, que podría estar asociado solo a una idea de saber-hacer y que, entretanto, tiene entre sus objetivos proporcionar información a los encuestados y, al mismo tiempo, explícita defender la indagación como una herramienta muy eficaz cuando se mezcla con interés personales, sociales y culturales (Ojeda, 2012). La comunidad local y sus inquietudes constituyen, de ese modo, parte del proceso de contextualización de la propuesta. El desarrollo de competencias ciudadanas, vinculadas a la mejoría en la comunicación entre los alumnos y a la capacidad de escuchar las opiniones de los demás con respeto, para de ese modo alcanzar consensos, se enfatizan en Liebsch (2011).

Esos temas extrapolan objetivos particulares asociados a la manera como se trabaja en una comunidad científica, van más allá de los límites de esa comunidad y de sus objetivos, espacio, tiempo y forma de trabajo. Nuevos contextos se constituyen, permeados por demandas de tipo afectivo, éticas y de conducta, constituyendo subjetivaciones docentes, en la búsqueda por la satisfacción de sus demandas particulares.

Sin embargo, los trabajos del congreso tuvieron como meta la “implementación” de la metodología ECBI, y todos ellos se desarrollaron de manera diferente y destacaron puntos que estaban conectados con sus propias demandas. Algunos, como en los trabajos mencionados, obedecieron a objetivos de tipo afectivo y conductuales de los alumnos, o a necesidades identificadas como locales que pudieran responder a la valorización de temáticas científicas capaces de ayudar a la comunidad y, así, formar ciudadanos activos vinculados a una comunidad que necesita de ellos.

En un espacio-tiempo contextual, quedaron forjadas las necesidades asociadas a los miedos, los afectos, a la aceptación, así como las necesidades contemporáneas, significadas por medio de la relación entre ciencia y tecnología. Así, la supuesta homogeneidad pretendida es debilitada por los procesos de traducción de los discursos de aplicabilidad de una determinada metodología.

Perspectivas y propuestas teóricas, metodológicas y pedagógicas, así como autores y sus propuestas fueron, entonces las más diversas. Ellas se conjugaron en la contingencia de ese evento particular y otras contingencias intangibles, de lo que significa presentar ideas, propuestas y actividades en el espacio contextual de un congreso dirigido a profesores de ciencias de enseñanza básica, con la participación de científicos y académicos. Por más que el cientificismo esté asociado a la política, en los relatos de los propios científicos escapan otras posibilidades de interpretación de la ciencia, trazos de otros enfoques.

En la práctica del congreso, la jerarquía entre saber escolar y saber científico no se mantiene, hay quiebres de esa jerarquía y de esa clasificación en las diversas actividades desarrolladas en el contexto del congreso. Ese quiebre es posible leerlo en los comentarios finales y conclusivos presentados, en los que los puntos de vista de los profesores estaban principalmente dirigidos a la importancia de lo que significaba recibir la experiencia de otros colegas (y no de los científicos y académicos presentes) que trabajaban con la metodología ECBI. En esos comentarios se enfatizaba el cambio en el clima de las clases, con alumnos más comprometidos en el proceso, más confiados, con capacidad de trabajar en equipo. Un ejemplo dirigido a esos objetivos afectivos es el trabajo de Beltrame *et al.* (2010), en el que se destaca la disminución de conductas de agresión en 5° y 6° año de educación básica y un mejoramiento de la percepción de bienestar de los alumnos en su escuela en 7° y 8° año. Aun cuando se considera como importante la asociación con académicos en el congreso, lo que más se destacaba eran las ganancias no clasificables ni jerarquizables entre académicos y no académicos.

El énfasis en hacer un trabajo en conjunto entre profesionales de contextos diversos, profesores, científicos, investigadores en currículo y administradores en el Congreso estuvo siempre presente. La defensa científicista de la metodología ECBI también. Pero ese discurso negocia todo el tiempo con sentidos movilizados por aquellos que no pertenecen necesariamente a grupos relacionados con el espacio pedagógico-escolar. La participación de profesionales de diversos países y de diversas áreas académicas se desarrolla en un contexto en que esos presupuestos son hibridados y traducidos, resignificando el programa ECBI. No hay posibilidad de tener el control total de lo que es enunciado.

Los procesos de traducción asociados al intento de construir conocimiento, pueden leerse en trabajos que realizaran proyectos de ciencia. En Serrano

(2009), es posible leer una persistencia en creer en la gobernabilidad de un contexto en otro, de la introducción de una metodología para trabajar la ciencia de una determinada manera. La ciencia es significada como un producto listo que debe ser introducido al ser trabajada en los límites de la metodología indagatoria en el contexto escolar y este contexto debe ajustarse a las exigencias implicadas en el proceso de enseñar la ciencia de esa manera. Esta es una posible lectura de afirmaciones como la de que enseñar ciencias implica una serie de cambios al interior del aula, de la conducta de los niños y de la propia práctica docente (Serrano, 2009, p. 3). Para evaluar tales cambios, se presenta el cuaderno de ciencias como un material cotidiano, como si fuera solamente propio del contexto escolar, en que los alumnos plasman sus registros personales, como “una de las maneras de evaluar ese cambio” (Serrano, 2009, p. 3).

El cambio propuesto trabaja como una “promesa de restitución de sentido” (Ottoni, 2009). Enseñar ese tipo de ciencia viene a ser la presencia de un supuesto que no existe, un acontecer en que se pierde algo que no se tiene (Ottoni, 2005). Siendo así, se trata de un cambio que no es cambio, sino, precisamente, traducción permanente de sentidos. La forma de evaluarla obedece a esa contingencialidad que coloca al cuaderno como una posibilidad de registro en que no quedan plasmados los cambios, sino más bien, son traducidos los registros, propiciando la constitución de otro contexto.

En relación con la manera como se adquieren los aprendizajes, se destaca la posibilidad de vivenciar de manera “real” los fenómenos estudiados a través de, por ejemplo, la fotosíntesis. En las palabras de la profesora, “es así como se confirman y reafirman los aprendizajes que vemos en el aula” (Lazo, 2013, entrevista). Ella destaca la manera abstracta como se desarrollan los contenidos:

Vivenciando, a través del proyecto, viendo que la planta realmente absorbe agua y no solo el jaboncillo y darse cuenta de que la planta es capaz de sobrevivir a esa agresión, ellos se dan cuenta de que efectivamente, comprobando a través de hechos reales, que la luz, el CO₂ y el agua son los que se rescatan para que suceda la fotosíntesis, y el agua como va contaminada con el jaboncillo, ellos dicen ah! entonces realmente la raíz absorbe el agua y el jaboncillo queda ahí en la tierra, por lo tanto, confirma y reafirma aprendizajes que hacemos en el aula (Lazo, entrevista, 2013)²⁷.

²⁷ Entrevista realizada por Soledad Castillo Trittini en el contexto del V Congreso Latinoamericano de profesores y profesoras de Ciencia en octubre de 2013.

En el relato de la profesora hay una tendencia por separar contextos para explicar el proceso de constitución del conocimiento, diferenciando entre “la vivencia real en el campo” y la manera abstracta como estos se transmiten en el aula; también, hay una tendencia por separar contexto académico y “el campo”, en que este último es enfatizado junto con los saberes cotidianos de los moradores. El científico es identificado, pero se tiende a afirmar como externo a ello: otros saberes populares, del campo, de lo cotidiano, del otro. Pero como estas clasificaciones enunciadas son fronteras porosas, sentidos leídos como asociados a la concientización ambiental, al cuidado del contexto local y a la necesidad de revitalizar saberes –populares y ancestrales– son hibridizados a los registros científicos. En ese proceso, “reafirman los aprendizajes que vemos en el aula” (Lazo, 2013, entrevista), hay una articulación entre demandas supuestas como locales y demandas científicas. En el proyecto Reciclar el agua (Lazo, 2013, entrevista), que contó con la colaboración de los moradores de la localidad y surgió de la curiosidad de los alumnos, los saberes populares transmitidos de generación en generación son movilizados al mismo tiempo en que se desarrollaba en conjunto con la Universidad de Concepción. Según Lazo, “lo que uno aprende en la universidad lo confirma con la vivencia, esa es la diferencia” (2013).

Esto permite cuestionar, en una perspectiva discursiva, como colocado en Borges (2015), la supuesta condición inaugural de un contexto/texto en ese proceso de constitución de conocimiento. Aunque exista la pretensión de fijar un determinado contexto como orientando tales proyectos, sostenemos que, al mismo tiempo, se hace una nueva producción al tener como punto de partida una problemática contingente local. Este tipo de abordaje puede leerse en “Aplicación de metodologías entre educación formal y no formal” (Rojas, 2010). En este trabajo, la formación científica de los alumnos es propuesta por medio de “experiencias y vivencias del trabajo de investigación a través de exploración local estableciendo nexos y relaciones con organismos de carácter científico” (Rojas, 2010). Para tal, utilizan bibliografía especializada, “visitando la Biblioteca de la Universidad se visitan centros de investigación de las universidades locales” (Rojas, 2010, p. 3).

No hay una jerarquización obligatoria de los contextos asociados a ese proyecto específico, aunque persista la necesidad (metafísica) de los maestros de que los conocimientos sean clasificados. Esto se percibe al enfatizarse que la eficacia de los resultados asociados a la “motivación, aprendizaje y cambio de actitud frente a las ciencias” serían mejor alcanzados si las “actividades indagatorias se diseñan sumando conocimiento empírico de las

comunidades y conocimiento científico aportado por universidades” (Coronado, 2010, p. 7). Con eso, la difusión del conocimiento científico solo se realiza por la articulación con otros saberes y demandas no previstas en el registro científico.

4.4 A manera de conclusión

Sostenemos que el proceso de significación curricular no se constituye solo por la disputa en torno a cuál conocimiento es hegemonizado. En ese proceso participan las diversas perspectivas que intentan definir la metodología que garantizaría la apropiación de determinados contenidos. Es en este proceso que el programa ECBI se debate, en la tentativa de ofrecer una metodología que garantice la adquisición de determinadas competencias supuestas como capaces de permitir al alumno participar de manera adecuada en la sociedad. De ese modo, se trata de garantizar la adquisición de determinados conocimientos y, consecuentemente, la adquisición de determinadas competencias. A partir de los presupuestos teóricos colocados, entendemos las producciones de los profesores como traducidas en un entre-lugar atravesado por fines científicistas y ético-morales que reconfiguran lo que se entiende como conocimiento científico. Identificamos los textos que circulan en los congresos sobre el ECBI en Chile como constituidos en traducciones que producen híbridos culturales capaces de debilitar, aunque provisoriamente y de forma precaria, los objetivos científicistas.

No queremos afirmar que la traducción solo se realiza en actividades como este congreso o incluso en momentos que los profesores organizan sus actividades. La traducción no se realiza por la amplia circulación de textos o por una práctica social específica, dirigida a un fin. Todo el texto, una vez leído, es traducido, siendo la traducción una dinámica del lenguaje dentro de la propia lengua. No es el transporte de una propiedad, de un sentido, de una verdad, posible de depreciación cuando está situado en otras relaciones contextuales. Es un proceso marcado la diferencia del cierre del sentido (que nunca se cierra plenamente), es paso incontrolable de sentidos, acontecimiento del orden del inanticipable (Ottoni, 2009; Siscar, 2013). Si buscamos aquí dar visibilidad a la traducción en el marco de los congresos sobre el ECBI en Chile es porque queremos destacar cómo el éxito de una política, en el caso para la enseñanza de las ciencias, a través del Programa ECBI, es obligatoriamente su fracaso en el intento de instituir un sentido,



una metodología, una lectura única de la ciencia. No desconocemos que existen tentativas de estabilizar la producción del conocimiento, tentativas de frenar los procesos de diferir. Solo destacamos que, justamente para hegemonizarse, el discurso cientificista se presenta para ser leído, traducido, volviéndolo otro y sometido a las dislocaciones que no pueden ser previstas ni frenadas por completo.

Ante estas posibilidades, tal vez sea el caso de pensar la formación de maestros como uno de los espacios en que tales dislocaciones se discutan, las marcas de esos procesos se comprendan, las tradiciones que dejan huellas en los diferentes textos pedagógicos se estudien. No para que la teoría pedagógica sea una norma capaz de guiar un supuesto buen camino de las traducciones, sino para que la teoría sea capaz de operar en el cuestionamiento de las finalidades de las actividades pedagógicas que desarrollamos.

4.5 Bibliografía

Bennington, G. (2004). Desconstrução e ética. In: Duque-Estrada, P. C. *Desconstrução e ética: ecos de Jacques Derrida* (p. 9-32). Rio de Janeiro, Brasil: PUC/Rio/Loyola.

Bhabha, H. (2003). *O local de cultura*. Belo Horizonte, Brasil: UFMG.

Borges, V. (2015). Espectros da profissionalização docente nas políticas curriculares para formação de professores: um self para o futuro professor. (Tesis Doctoral) UERJ. Rio de Janeiro.

Castillo Trittini, S. A., Lopes, A. C. (2016). Discurso científicista nas políticas de currículo no Chile (2003 -2013): o foco no Programa ECBI - Enseñanza de las Ciencias basada en la Indagación. *Ciência & Educação*, 22, pp. 279-298, Disponível: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1516-73132016000200279&lng=en&nrm=iso

Costa, H., Lopes, A. C. (2016). A Geografia na política de currículo: quando a integração reafirma a disciplina. *Pró-Posições*, 27, p. 179-195 (UNICAMP. Online). Recuperado de: www.scielo.br

Craveiro, C; Lopes, A. C. (2015). Sentidos de Docência nos projetos curriculares FHC e Lula. *Revista e-Curriculum (PUCSP)* 13, 452-474. Recuperado de: <http://revistas.pucsp.br/curriculum>

Cunha, E. V. R.; Lopes, A. C. (2017a). Sob o nome ciclos: disputas discursivas para significar uma educação democrática. *Práxis Educativa* (UEPG, online), 12, pp. 184-202.

Cunha, E. V. R.; Lopes, A. C. (2017b). Base Nacional Comum Curricular: regularidade na dispersão. *Investigación Cualitativa*, 2, pp. 23-35, 2017b.

Deves, R. y López, P. (2005). *Programa de Educación en Ciencias Basada en la Indagación ECBI – Chile*. Tercera Conferencia Internacional. Formación y desarrollo profesional de los profesores que trabajan con Sevic en la Educación Básica. Monterrey, México.

Deves, R. y Reyes, P. (2007). Principios y estrategias del programa de Educación en Ciencias basada en la Indagación (ECBI). *Revista Pensamiento Educativo*, 4(2), 115-131.

Harlen, W. (2011). Aprendizaje y enseñanza de ciencias basados en la indagación. En: Campos M., Montecinos, J., Sanhuesa, C. *Mejoramiento escolar en acción*. Valparaíso, Chile: Centro de Investigación Avanzada en Educación, Pontificia Universidad Católica de Chile.

Laclau, E. (2005). *La razón populista*. Buenos Aires: Fondo de Cultura Económica.

Laclau, E. y Mouffe, C. (2011). *Hegemonía y estrategia socialista: hacia una radicalización de la democracia*. Buenos Aires: Fondo de Cultura Económica.

Lopes, A.C. (2015a). ¿Todavía es posible hablar de un currículo político? En: Alícia de Alba; Alice Casimiro Lopes. (Org.). *Diálogos curriculares entre México y Brasil*. (pp. 30-41). Ciudad de México, México: IISUE/UNAM.

Lopes, A. C. (2015b). Normatividade e Intervenção Política: em defesa de um investimento radical. Em A. Lopes y D. Mendonca. (Ed.). *A Teoria do Discurso de Ernesto Laclau: ensaios críticos e entrevistas*. (pp. 117-147). São Paulo, Brasil: Annablume.

Lopes, A. C. (2017). Política, conhecimento e a defesa de um vazio normativo. In: Daniel de Mendonça; Léo Peixoto Rodrigues; Bianca Linhares. (Org.). *Ernesto Laclau e seu legado transdisciplinar*. São Paulo: Intermeios, 2017, pp. 109-126.

Lopes, A. C. (2018). Políticas de currículo em um enfoque discursivo: notas de pesquisa. In: Lopes, A. C.; Oliveira, A. L.; Oliveira, G. G. *A teoria do discurso na pesquisa em Educação*. Recife: Ed da UFPE, pp. 133-168.

Lopes, Alice Casimiro 2015 Lopes, A. C; Borges, Veronica. (2015). Formação docente, projeto impossível. *Cadernos de Pesquisa (Fundação Carlos Chagas. Impresso)*, 45, pp. 486-507. Disponível em www.scielo.br

Lopes, A. C.; Cunha, E. V. R. da; Costa, H. (2013). Da recontextualização à tradução: investigando políticas de currículo. *Currículo sem Fronteiras*, 13, pp. 392-410. Recuperado de: www.curriculosemfronteiras.org

Matheus, D. 2014 Matheus, D., Lopes, A. C. Sentidos de qualidade na política de currículo (2003-2012). *Educação e Realidade*, 39, pp. 337/2-357, 2014. Recuperado de: www.scielo.br

Michaels, W. Shouse, S. (2013). *En sus marcas, listos, ciencia: De la investigación a la práctica en las clases de ciencias en la educación básica*. Santiago, Chile: Academia Chilena de Ciencias.

Oliveira, A., Lopes, A. C. (2011). A abordagem do ciclo de políticas: uma leitura pela teoria do discurso. *Cadernos de Educação*, 20, 19-41. (UFPEL).

Otoni, P. (2009). *Tradução manifesta – double bind e acontecimento*. Campinas/São Paulo: Unicamp/EdUSP.

Otoni, P. (2009). *Tradução – a prática da diferença*. Campinas. Brasil: Unicamp.

Rizvi, F. y Lingard, B. (2013). *Políticas educativas en un mundo globalizado*. Madrid: Morata.

Siscar, M. *Jacques Derrida – literatura, política e tradução*. São Paulo: Autores Associados, 2013.

4.5 Documentos analizados

Arévalo A. (2014). Indagando en la marea Roja. *VI Congreso de Profesoras y Profesores de Ciencia*. Santiago, Chile.

Beltrame *et al.* (2010). Influencia de la estrategia ECBI en la convivencia escolar. II Congreso Nacional y Latinoamericano de Profesoras y Profesores de Ciencia. Ministerio de Educación Chile, Santiago, 2010.

Coronado (2010). Aplicando ECBI para el cuidado de algas, en borde costero décima región. II Congreso Nacional y Latinoamericano de Profesoras y Profesores de Ciencia. Santiago, Chile.

Eyraud (2011). Astronomía en la educación Básica. II Congreso Nacional y Latinoamericano de Profesoras y Profesores de Ciencia. Santiago, Chile.

Lazo, B. (2013), entrevista. VI Congreso de Profesoras y Profesores de Ciencia, Santiago, Chile.

Liebsch (2011). Ponencia. Mejorando la comunicación de mis alumnos aplicando la metodología indagatoria. III Congreso de Profesoras y Profesores de Ciencia, Santiago, Chile. Macedo, E. Currículo como espaço-tempo

de fronteira cultural. *Revista Brasileira de Educação*. V. 11, n. 32. Rio de Janeiro. Maio/Agosto, 2006. Disponível em: www.scielo.br. pp. 285-297.

MINEDUC-AGCI. (2014). IV Congreso Nacional y Latinoamericano de profesoras y profesores de Ciencias de Educación Básica. Santiago, Chile.

Ministerio de Educación (2012). *Bases Curriculares de Ciencias*. Santiago Recuperado de: www.mineduc.cl. Acceso en enero, 2014.

Ministerio de Relaciones Exteriores. AGCI. (2013). *Programa de apoyo a la cohesión social UE-Chile*. Recuperado de: http://cooperacionue.agci.cl/cs/doc/fichas_proyectos/06_CS_Ministerio_Educacion.pdf

Ojeda (2012). Apuesta a la prevención del cáncer de colon. IV Congreso de Profesoras y Profesores de Ciencia. Santiago, Chile.

Redón, S. (2009). Escuela, Democracia y ciudadanía. I Congreso Nacional y Latinoamericano de Profesoras y Profesores de Ciencia. Santiago, Chile.

Rojas (2010). Aplicación de metodologías entre educación formal y no formal. II Congreso Nacional y Latinoamericano de profesores y profesoras de Ciencias. Santiago, Chile.

Serrano, X. (2009). Uso y desarrollo de cuadernos de ciencia como instrumento de aprendizaje y evaluación en la escuela. I Congreso Nacional y Latinoamericano de Profesoras y Profesores de Ciencias. Santiago, Chile.

5. El conocimiento profesional del profesor: una construcción desde la integración/ transformación de referentes académicos y experienciales. El caso de un futuro profesor de biología²⁸

Guillermo Fonseca Amaya²⁹

Carmen Alicia Martínez Rivera³⁰

5.1 Introducción

Comprender el conocimiento profesional del profesor de ciencias se ha constituido en una línea de investigación en la didáctica de las ciencias; así, se reporta en este capítulo los hallazgos de una investigación a través de un estudio de caso articulando los principios de Investigación-Acción, del proceso de construcción del conocimiento profesional de un profesor en formación inicial. Se deriva de la investigación El Conocimiento Profesional del Profesor de Biología (CPPB), que es producto de la integración/transformación entre los conocimientos: experiencial, historia de vida, contexto, conocimiento biológico y conocimiento didáctico de las ciencias-biología. Este conocimiento se construye a partir de la reflexión en y sobre la práctica pedagógica, permitiendo al estudiante elaborar explicaciones acerca de

28 Documento derivado de la tesis doctoral “El conocimiento profesional del profesor de biología sobre biodiversidad. Un estudio de caso en la formación inicial durante la práctica pedagógica en la Universidad Distrital Francisco José de Caldas” (Fonseca, 2018), realizada en la Línea de Investigación “Conocimiento profesional del profesor de ciencias y conocimiento escolar”. Grupo de Investigación en Didáctica de las Ciencias. Doctorado Interinstitucional en Educación, Universidad Distrital Francisco José de Caldas.

29 Docente investigador, Proyecto Curricular Licenciatura en Biología, Maestría en Educación, Universidad Distrital Francisco José de Caldas. guifon20@yahoo.com

30 Docente investigadora, Doctorado Interinstitucional en Educación, Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Grupo de Investigación en Didáctica de las Ciencias. camartinezr@udistrital.edu.co

los fenómenos naturales de manera contextual y, desde allí, promover el cuidado de sí mismo y de las otras especies, y aportar en la comprensión y solución de los problemas socioambientales desde una perspectiva compleja.

La integración/transformación de los anteriores conocimientos dará lugar a la emergencia de cuatro conocimientos singulares del CPPB respecto a la enseñanza de la biodiversidad. El primero, Enseñanza de la biodiversidad y el cuidado del otro y de sí mismo como una oportunidad para “salir adelante”; el segundo, Enseñanza de la biodiversidad y el mantenimiento de la vida desde una perspectiva crítica; el tercero, Enseñanza de la biodiversidad y el mantenimiento de la vida desde la comprensión de las interacciones ecosistémicas; el cuarto, Enseñanza de la biodiversidad y la estructuración de una forma de conocer.

Es importante considerar que el CPPB se construye a través de un proceso de Investigación- Acción, en razón a que la espiral autorreflexiva problematiza la práctica en sí misma, a través de los ejes DOC (Dinamizador, Obstáculo y Cuestionamiento) como un dispositivo conceptual y metodológico que permiten comprender la construcción compleja del conocimiento profesional del profesor.

5.2 Diferentes perspectivas en la investigación del conocimiento profesional del profesor de ciencias

El conocimiento profesional del profesor se ha constituido en un objeto de investigación en el orden nacional e internacional, en virtud de la importancia en los procesos de formación inicial y continuada de profesores y sus implicaciones para la educación, entendida como una práctica cultural en donde el profesor cumple un papel fundamental como agente de transformación social. Así, la tradición investigativa local, nacional e internacional ha señalado la importancia de problematizar la constitución del conocimiento profesional de los docentes de biología como una condición de posibilidad que permita cualificar los procesos de formación de los futuros maestros de biología.

Las denominaciones acerca del conocimiento profesional del profesor en el nivel internacional son diversas: para el programa de Shulman (1986, 2015), Conocimiento Pedagógico del Contenido (PCK, por sus siglas en

inglés); Porlán y Rivero (1998), Conocimiento Profesional del Profesor (CPP), y el Conocimiento Práctico Profesional (CPP), y para Tardif (2004), los Saberes Docentes. A continuación, señalamos algunos aspectos centrales de dichas propuestas.

Respecto al PCK, se ha constituido en un programa de investigación que pretende aportar en la comprensión del conocimiento profesional del profesor. El propio Shulman (2015) señala: “El PCK es ahora un ciudadano de muchas naciones, viajando por el mundo con muchos pasaportes; he conocido PCK en China y en Alemania, en Noruega y los Países Bajos, en Australia, Brasil y en Israel, así como en California y Massachusetts” (p. 4).

En relación con el PCK, es importante situar dos momentos en su desarrollo: el primero corresponde a los trabajos de Shulman y sus colaboradores, inspirados en el artículo “Conocimiento y enseñanza—fundamentos de la nueva reforma” (1987), y el segundo, a los trabajos después de la cumbre sobre PCK efectuados en EE.UU. en 2012, donde el propio Shulman realiza algunas consideraciones de su idea original, además de otras observaciones propuestas por 22 investigadores de siete países, quienes han adelantado algunas ampliaciones acerca de este tipo de conocimiento. Todo esto se ha publicado en el texto *Re-Examining Pedagogical Content Knowledge In Science Education*, en 2015 (Berry, Friedrichsen y Loughran, 2015).

En el primer momento, ubicado a finales del siglo XX, es importante situar la conceptualización que sobre el PCK construyó Shulman, quien aporta en tres niveles de comprensión acerca del conocimiento profesional del profesor: el primero se refiere a la definición de cuáles son los conocimientos que hacen parte de la formación de un profesor; el segundo, respecto al señalamiento de las fuentes que hacen posible su configuración, y el tercero, en plantear un modelo de acción y razonamiento pedagógico, programa que se ha ampliado y reconstruido a partir de diversas investigaciones. Respecto al conocimiento profesional, Shulman (1987) reconoce que los profesores poseen un conocimiento profesional singular y la necesidad de investigar para comprender la naturaleza y dinámica de cada uno de estos y las interacciones que se pueden establecer entre los tipos de conocimiento. En este marco propuesto por Shulman, se resalta el aporte relacionado con la vinculación del conocimiento pedagógico del contenido, como un conocimiento que caracterizará el conocimiento profesional del profesor.

Tal conceptualización se constituye en un campo de investigaciones, dado que el conocimiento pedagógico de contenido permite comprender los

procesos de planificación y actuación del profesor. Al mismo tiempo, Shulman revela que existen por lo menos cuatro fuentes principales del conocimiento base para la enseñanza: formación académica en la disciplina a enseñar, los materiales y el contexto del proceso educativo institucionalizado, la investigación sobre la escolarización y la sabiduría que otorga la práctica misma. Transcurridos más de 20 años del planteamiento de Shulman, Abell (2008) señala que el PCK se está acercando al estatus de paradigma, que es compartido por toda la comunidad de investigación y que guía nuestro pensamiento sobre el aprendizaje del maestro.

El segundo momento del desarrollo del PCK corresponde a las actuales consideraciones, desarrolladas en la cumbre en donde fue objeto de problematización este conocimiento en ella, Shulman inauguró el encuentro de los investigadores señalando cinco debilidades en la idea original del PCK:

- 1) la ausencia de afecto, emoción, y motivación; 2) un *énfasis* excesivo en el pensamiento del profesor versus el rendimiento experto de un profesor en el aula; 3) la omisión del contexto; 4) la omisión de la visión y metas del profesor para la educación, y 5) la relación del PCK con los resultados de los estudiantes (Gess-Newsome, 2015, p. 29).

Además de las limitaciones planteadas en la cumbre, los investigadores propusieron un nuevo modelo de Conocimiento Profesional del Profesor incluyendo las habilidades de PCK y la influencia en el salón de clase y los desarrollos de los estudiantes. Gess-Newsome recoge los aportes de lo sucedido en la cumbre y elabora un capítulo titulado: A model of teacher professional knowledge and skill including PCK: Results of the thinking from the PCK Summit (Gess-Newsome, 2015).

Durante la cumbre se evidenció la dispersión de ideas alrededor del PCK, además de las cinco limitaciones identificadas por el propio Shulman. Este proceso autocrítico permitió la construcción de un modelo de conocimiento y habilidad profesional de los maestros (TPK&S). Según Gess- Newsome (2015) “el modelo identifica el papel primordial del conocimiento profesional de los profesores y sitúa PCK dentro de ese modelo, incluyendo toda la complejidad de la enseñanza y el aprendizaje” (p. 30). Siendo así, es viable pensar que el modelo ofrece una potencia explicativa de las investigaciones existentes, proporciona una forma más robusta y predictiva para pensar en el conocimiento y la acción docente, y permite la investigación.

En este capítulo, la autora plantea que, desde una visión general, el modelo de TPK&S, se origina en las bases de conocimiento profesional docente genérico (TPKB). Este es el conocimiento profesional general que resulta de la investigación y las mejores prácticas (Conocimiento de la evaluación, conocimiento pedagógico, conocimiento del contenido, conocimiento de los estudiantes, conocimiento curricular).

Así, Gess-Newsome (2015) señala que el conocimiento de la TPKB (Conocimiento profesional docente de base o genérico) informa y es informado por los conocimientos profesionales relacionados con un tema o tópico específico (TSPK). Esta nueva categoría de conocimiento, según la autora, contribuye en varios aspectos:

(1) Se hace explícito que el contenido de la enseñanza se produce a nivel tópico (es decir, fuerza y movimiento) y no en el nivel de disciplina (es decir, la física o de la ciencia); (2) este conocimiento mezcla la materia, la pedagogía, y el contexto, y (3) se reconoce como conocimiento público, o el conocimiento en manos de la profesión, lo que le permite asumir un papel normativo diferente que el resto del modelo. El TPKB y el TSPK, las dos bases de conocimiento son libres de contexto (p. 30).

Por otra parte, la autora señala que, reconociendo la necesidad de vincular las dificultades de Shulman, acerca del PCK, en el modelo de TPK&S, el afecto del profesor es reconocido como una contribución al conocimiento de los maestros, la habilidad y práctica, “estas creencias y orientaciones actúan como amplificadores o filtros para el aprendizaje docente y median las acciones del profesor” (p. 30).

Respecto a los componentes del PCK, en este modelo, el *Conocimiento de evaluación* podría contener el diseño y uso de evaluaciones formativas y acumulativas y las formas de utilizar los resultados a partir de estas evaluaciones para diseñar o modificar la instrucción. El *Conocimiento pedagógico* podría envolver estrategias para el manejo de la clase y la participación de los estudiantes. El *conocimiento del contenido* es el relacionado con disciplina a enseñar. Este conocimiento debe incluir prácticas de ciencia e ingeniería que se utilizan para generar conocimiento, las ideas centrales disciplinarias, y el conocimiento de los estudiantes vincula los procesos cognitivos de los estudiantes y el desarrollo físico, entre otros.

En los desarrollos internacionales, en el campo del Conocimiento Profesional es relevante los aportes del grupo de investigación español, IRES, quienes aporta tres niveles en la comprensión del Conocimiento profesional del profesor: el primero guarda relación con la demarcación de las fuentes del conocimiento; el segundo, con los tipos de saberes que integran el conocimiento profesional deseable; y, el tercero con los procesos de su construcción.

En relación con las fuentes del Conocimiento Profesional del Profesor, Porlán y Rivero (1998) y Ballenilla (2003) y Rivero (2003), señalan que el conocimiento profesional deseable, presenta como fuentes: los saberes metadisciplinarios, los saberes disciplinares básicos y los saberes experienciales. Situar este programa en estas fuentes amplía entre otros asuntos, la perspectiva del énfasis en los contenidos como fin último de los procesos de enseñanza y de aprendizaje en la escuela, y en consecuencia reconocer en la educación y en el propio maestro la oportunidad de aportar en los procesos de transformación social que permitan consolidar una sociedad más justa y equitativa (Porlán y Rivero, 1998; Ballenilla, 2003).

Porlán y Rivero (1998), aportan una nueva comprensión acerca del Conocimiento profesional del Profesor Deseable. En este lugar, de lo deseable, los autores plantean que el conocimiento profesional de los profesores, al igual que otros conocimientos como el de los médicos o el de los jueces, es un tipo de conocimiento práctico. Así, es importante situar la práctica como ámbito epistemológico específico. La práctica en sentido estricto, y particularmente la práctica profesionalizada, es intervención en lo cotidiano, pero no es la mera acción. La práctica en ámbitos sociales, es intencional y, como tal, busca la consecución adecuada y rigurosa de determinados fines previstos.

Porlán y Rivero (1998), argumentan que el conocimiento práctico profesional que consideran deseable es, por tanto, la resultante de un complejo proceso de interacciones e integraciones de diferente nivel y naturaleza, organizado en torno a los problemas de la práctica profesional. Los saberes metadisciplinarios, los saberes procedentes de las didácticas específicas y los saberes curriculares constituyen ya por sí mismos integraciones parciales.

Del mismo modo, Porlán, Rivero y Martín del Pozo (1998), anotan que el conocimiento profesional del profesor se caracteriza por ser: un conocimiento práctico; no es un conocimiento académico, aunque toma en consideración los aportes de las diversas disciplinas; un conocimiento integrador y profesionalizado. No se organiza atendiendo a una lógica disciplinar y tampoco

es el resultado de la mera acumulación de experiencia; un conocimiento complejo, en el sentido de que no es un conjunto de técnicas didácticas, pretendidamente rigurosas, que tratan de regular y orientar situaciones escolares más o menos estandarizadas, o un conjunto de reglas artesanales elaboradas con base a la experiencia; un conocimiento tentativo, evolutivo y procesual. (Porlán y Rivero, 1998).

De tal manera, estos autores justifican y proponen una epistemología de la práctica en la necesidad de construir un proceso complejo de interacción relativa, gradual y parcial de aspectos científicos, ideológicos y cotidianos para la resolución de problemas que le son propios a los profesores, teniendo como referencia tanto el conocimiento dominante del profesor, así como un conocimiento deseable.

Los saberes disciplinares pueden actuar como categorías organizadoras en distintos ámbitos “relacionándolos con el saber profesional: como organizadores del mismo conocimiento profesional, en la medida en que también él es un sistema –en este caso, un sistema de ideas– en la caracterización del curriculum, en la caracterización del medio escolar, etc.” (Porlán y Rivero, 1998, pp. 70-71). Por otro lado, también hay que considerar a las ideologías como una fuente esencial del conocimiento profesional. Los autores consideran que “La educación no es una actividad neutra y aséptica. (...) El profesor no puede eludir, por tanto, el debate ideológico escudándose en que solo se ocupa del “saber”, porque ningún saber es independiente de unas determinadas relaciones de poder” (p. 71).

Por tanto, el profesor no puede construir sus conocimientos basándose únicamente en los saberes académicos tradicionales o en los saberes que aporta la experiencia, sino que necesita realizar también una reflexión sobre los aspectos ideológicos implicados para, en interacción con los anteriores, generar un conocimiento no solo informado, sino también crítico y ético.

En el marco del conocimiento profesional deseable, respecto al saber académico, Porlán y Rivero, (1998) registran la existencia de diversas disciplinas que aportan significados relevantes para el conocimiento profesional: las disciplinas relacionadas con las áreas curriculares (biología, química, física); las relacionadas con la enseñanza (pedagogía, teoría del currículum, historia de la educación, didácticas específicas etc.); las relacionadas con el aprendizaje (psicología) y las relacionadas con el estudio de los sistemas educativos (sociología de la educación, política educativa, economía educativa).

En el saber experiencial explícito, el maestro debe conocer la existencia de ideas alternativas en los alumnos, así como su utilización didáctica, cómo se formula, organiza y secuencia el conocimiento escolar, como se diseña un programa de actividades válido para el tratamiento de problemas interesantes y con potencialidad para el aprendizaje, cómo dirigir el proceso de aprendizaje del alumno, cómo y que evaluar. Se trata de un saber más ilustrado que el hegemónico, y recurre con frecuencia al apoyo de autores y estudiosos de la educación de reconocido prestigio (Ballenilla, 2003).

Rutinas y guiones: se diferencian del saber hegemónico en el sentido de que al utilizarlas reiteradamente en el aula faciliten que los alumnos/as se acerquen de una determinada forma al conocimiento, además de llevar a poner en práctica determinados procedimientos y a potenciar una serie de actividades y valores que rompan con su pasividad y les hagan ser protagonistas de su propio aprendizaje favoreciendo su autonomía, estimulando a la autoevaluación y la autocrítica.

Teorías implícitas: “Se trata de un saber del que el propio sujeto no es consciente, pero que resulta evidente tras un análisis hermenéutico para el observador externo ilustrado. (..) En muchos casos el desarrollo profesional de un profesor/a está ligado a una toma de conciencia de las teorías implícitas que se derivan de sus creencias y acciones, es decir, del paso de estas desde el plano tácito al racional, para así someterlas a análisis y de ahí derivar consecuencias y principios de cambio y evolución” (Ballenilla, 2003, p. 119).

Otro de los referentes internacionales corresponde a los planteamientos del canadiense Maurice Tardif (2004), quien, en su libro *Los saberes del docente y su desarrollo profesional*, aporta a la discusión de la naturaleza y componentes del saber profesional docente.

El aporte de Maurice Tardif (2004), consiste en la ubicación del saber de los maestros en su propio ámbito de actuación, es decir en la escuela misma, en la práctica profesional. “Esto significa que las relaciones de los docentes con los saberes no son nunca unas relaciones estrictamente cognitivas son relaciones mediadas por el trabajo que les proporciona unos principios para afrontar y solucionar situaciones cotidianas” (p. 14).

En tanto que el saber se construye y se desenvuelve en el aula, es decir en un saber hacer, su construcción es producto de diversos saberes. El saber docente es plural, compuesto, heterogéneo, porque envuelve, en el propio

ejercicio del trabajo, conocimientos y un saber hacer bastante diversos, provenientes de fuentes variadas y, probablemente, de naturaleza diferentes. Estos saberes son los saberes disciplinarios, curriculares, profesionales (incluyendo los de las ciencias de la educación y de la pedagogía) y experienciales.

Asimismo, describe los saberes de la formación profesional (de las ciencias de la educación y de la ideología pedagógica), en los que el profesor y la enseñanza son objeto de saber:

Esos conocimientos se transforman en saberes destinados a la formación científica o erudita de los profesores, y en caso de que sean incorporados a la práctica docente, ésta puede transformarse en práctica científica, por ejemplo, en tecnología de aprendizaje (Tardif, 2004, p. 29).

No obstante, para Tardif, la práctica docente es más que un objeto de saber de las ciencias de la educación, es también una actividad que moviliza diversos saberes pedagógicos; estos se presentan como doctrinas o concepciones provenientes de reflexiones racionales y normativas que conducen a sistemas más o menos coherentes de representación y de orientación de la actividad educativa.

Por otra parte, en cuanto a los saberes disciplinarios, en la práctica docente incorporan también unos saberes sociales definidos y seleccionados por la institución universitaria. Estos saberes se integran igualmente en la práctica docente a través de la formación (inicial y continua) de los maestros de distintas disciplinas ofrecidas por la universidad. Los saberes de las disciplinas surgen de la tradición cultural y de los grupos sociales productores de saber.

Los saberes curriculares se corresponden con los discursos, objetivos, contenidos y métodos a partir de los cuales la institución escolar categoriza y presenta los saberes sociales que ella misma define y selecciona como modelos de la cultura erudita y de formación para esa cultura. Se presenta en forma de programas escolares (objetivos, contenidos, métodos) que los profesores deben aprender a aplicar.

Los saberes experienciales se corresponden al saber del propio maestro, él, en el ejercicio de sus funciones y en la práctica de su profesión, desarrolla saberes específicos, basados en su trabajo cotidiano y en el conocimiento de su medio “Estos saberes brotan de la experiencia, que se encarga de validarlos. Se incorporan a la experiencia individual y colectiva en forma de

hábitos y de habilidades, de saber hacer y saber ser. Podemos llamarlos saberes experienciales o prácticos” (Tardif, 2004, p. 31).

Los saberes procedentes de la experiencia cotidiana de trabajo parecen constituir el fundamento de la práctica y de la competencia profesional, pues esa experiencia es la condición para la adquisición y la producción de sus propios saberes. Tardif sostiene que:

Enseñar es movilizar una amplia variedad de saberes, reutilizándolos para adaptarlos y transformarlos por y para el trabajo. Por tanto, la experiencia laboral es un espacio en el que el maestro aplica saberes, siendo ella misma saber del trabajo sobre saberes, en suma: reflexividad, recuperación, reproducción, reiteración de los que se sabe hacer, a fin de producir su propia práctica profesional. (p. 17).

Los saberes experienciales están enraizados en el siguiente hecho más general: la enseñanza se desenvuelve en un contexto de múltiples interacciones que presentan condicionamientos diversos para la actuación del profesor. Estos condicionamientos no son problemas abstractos, los condicionantes parecen relacionados con situaciones concretas que no permiten definiciones acabadas y que exigen improvisación y habilidad personal, así como la capacidad de afrontar situaciones más menos transitorias y variables. Ahora bien, el hecho de afrontar condicionantes y situaciones es formador. Solo eso permite al docente desarrollar los hábitos (es decir determinadas disposiciones adquiridas en y por la práctica real) que le permitirán precisamente afrontar los condicionantes imponderables de la profesión (Tardif, 2004); los hábitos pueden transformarse en un estilo de enseñanza, en recursos ingeniosos de la profesión e, incluso, en rasgos de la personalidad profesional. Se manifiestan, por tanto, a través de un saber ser y de un saber hacer personales y profesionales validados por el trabajo cotidiano.

En este sentido, Tardif plantea que, si los saberes de los docentes poseen una cierta coherencia, no se trata de una coherencia teórica, ni conceptual, sino pragmática y biográfica. Los saberes docentes obedecen, por tanto, a una jerarquía: su valor depende de las dificultades que se presentan en relación con la práctica. En el discurso docente, las relaciones con los alumnos componen el espacio en el que se validan, en última instancia, su competencia y sus saberes. El aula y la interacción cotidiana con los grupos constituyen, en cierto modo, una prueba tanto al “yo profesional” como a los saberes mediados y transmitidos por el docente.

Tardif (2004) señala que en realidad los fundamentos de la enseñanza son, al mismo tiempo, existenciales, sociales y pragmáticos. Son *existenciales* en el sentido de que “un maestro, no piensa solo con la cabeza, sino con la vida, con lo que ha sido, con lo que ha vivido, con lo que ha acumulado en términos de experiencia vital, en términos de bagaje de certezas” (p.75). Así, labora no solo desde su intelectualidad, sino a partir de lo que el autor denomina su “historia vital”. Son *sociales* porque los saberes profesionales son plurales, provienen de fuentes sociales diversas (familia, escuela, universidad). Y, finalmente, son *pragmáticos*, pues los saberes que sirven de base a la enseñanza están al servicio de la acción.

Es importante considerar la dimensión argumentativa y social del saber de los docentes, proponiendo que se considere como la expresión de una razón práctica, que pertenece mucho más al campo de la argumentación y del juicio que al campo de la cognición y de la información. Así, se propone que se deje de ver a los docentes profesionales como objeto de investigación y que pasen a considerarse como sujetos de conocimiento.

En este orden de ideas, Tardif (2004) propone la “Epistemología de la práctica profesional al estudio del conjunto de los saberes utilizados realmente por los profesionales en su espacio de trabajo cotidiano, para desempeñar todas sus tareas” (p. 18). Su finalidad será revelar estos saberes, comprender cómo se integran en concreto en las tareas de los profesionales y cómo estos los incorporan, producen, utilizan, aplican y transforman en función de los límites y de los recursos inherentes a sus actividades de trabajo. En otras palabras, la práctica profesional ya no se considera simplemente como objeto o campo de investigación sino un espacio de producción de la competencia profesional a cargo de los profesores: desde ese punto de vista, “la producción de conocimientos no es solo un problema de los investigadores, sino también de los docentes” (p. 125).

5.2.1 En el nivel nacional (Colombia)

Los investigadores del país elaboran sus trabajos acudiendo a los referentes internacionales adaptándolos, reconstruyéndolos o mezclándolos y generando sus propias elaboraciones. Es importante destacar los trabajos de Jiménez y otros (2013), Bonilla (2014), Valbuena (2007), Parga y Mora (2014), Martínez (2000, 2005, 2013, 2016), Tamayo y Orrego (2005), Perafán (2015),

entre otros, quienes han aportado en la comprensión del conocimiento profesional del profesor (CPP) y en consecuencia al campo de la didáctica de las ciencias.

En este sentido, los investigadores del país, han elaborado sus trabajos acudiendo a estos referentes, pero con orientaciones diversas, como parte de la propia consolidación del CPP como un campo de conocimiento en construcción. Por ejemplo, los trabajos de Jiménez (2013) y Bonilla (2014), enmarcan sus trabajos en la idea del PCK. Sin embargo, Jiménez acude al modelo de Magnusson y otros (1999), mientras que Bonilla desarrolla su trabajo desde los planteamientos de Park y Oliver (2008). Por otra parte, Valbuena (2007), articula tanto algunos elementos del CDC y el programa del CPP de Porlán y Rivero (1998), y de los planteamientos de Tardif (2004). Mora (2014), también articula los planteamientos del CDC de manera explícita, y de manera implícita los trabajos de Porlán y Rivero (1998); Martínez (2000, 2005, 2013, 2016), desarrolla sus investigaciones desde los planteamientos de Porlán y Rivero (1998) y los de García (1998), en relación con el conocimiento profesional del profesor y el conocimiento escolar; Tamayo y Orrego (2005), recurren al planteamiento del PCK de Shulman (1986); Perafán (2015) asume una actitud crítica al programa de Shulman; reconoce los planteamientos de Porlán y Rivero, pero resignifican los planteamientos de estos autores en clave de la transposición didáctica como estatuto epistémico de los saberes académicos.

Es necesario avanzar en el referente epistemológico del CPP para trascender la idea de caracterizarlo como epistemológicamente diferenciado. En este sentido, el trabajo de Mora y Parga (2014), Perafán (2015), Valbuena (2007), Martínez (2000, 2013, 2016), aunque desde lugares distintos aportan en su construcción. Así, Perafán (2004 citado por Perafán, 2013), partiendo de la síntesis propuesta por Porlán y Rivero, ha planteado la necesidad de comprender la categoría conocimiento profesional docente como un sistema de ideas integradas que asocia a cada uno de los saberes (X, Y, Z) un estatuto epistemológico fundante particular. Con ello, junto a los cuatro saberes mencionados y reconocidos como constituyentes del CPD, se integran cuatro estatutos epistemológicos fundantes de esos saberes: la transposición didáctica, la práctica profesional, la historia de vida y la cultura institucional escolar.

A su vez, Mora y Parga (2014), aportan a la configuración epistémica del CDC en clave de la perspectiva de complejidad: “la perspectiva de la complejidad (..) tiene un gran potencial que podría contribuir a entender la relación

sistémica que presentan las categorías de conocimientos que constituyen un CDC, en una situación determinada de enseñanza de los contenidos". (p. 113). Amplían los investigadores que, aplicado a la construcción del CDC como sistema complejo, criterios como la no linealidad, la autoorganización, la emergencia, la inestabilidad, las fluctuaciones, la evolución y en general, los cambios súbitos irreversibles y sorpresivos son buena base para su interpretación.

Martínez (2000, 2013, 2016), aporta en esta construcción epistémica del CPP, al problematizar el propio conocimiento que circula o se produce en la escuela, planteando que dicho CPP, en relación con el conocimiento escolar, se construye a través de integración/transformación de diversos conocimientos, asunto que deriva en la constitución de nuevas formas de validación, de referentes y fuentes de conocimiento que aportan en la comprensión de este conocimiento y, por ende, del CPP. En este mismo sentido, Valbuena (2007), al referir la idea de biología escolar, señala la diferenciación entre la biología de la comunidad de biólogos y la biología escolar que correspondería a los profesores de biología, en razón de su propia naturaleza en su construcción y finalidades para la escuela y la sociedad.

5.2.2 Respecto a las fuentes y componentes del conocimiento profesional del profesor

Existen acuerdos en reconocer que corresponden a las de orden académico, de la experiencia y contextual, contribuyen en la construcción del conocimiento profesional del profesor. La diferencia se sitúa en relación con el nivel en donde se piensa el conocimiento profesional del profesor o en conocimiento didáctico del contenido.

En el ejercicio de lectura y comprensión acerca del campo de conocimiento acerca del conocimiento profesional (CPP – PCK – CDC – CDE – CDCB, etc.) es importante reconocer el trabajo que se ha adelantado en Colombia por los grupos de investigación de Carmen Alicia Martínez, Edgar Valbuena y Andrés Perafán, quienes desde lugares distintos de comprensión acerca del conocimiento profesional, tienen una preocupación común, el reconocimiento de un conocimiento profesional que produce el maestro en su devenir de ser profesional, que trasciende el lugar del cómo de la enseñanza, para aportar la idea de un conocimiento que se produce y que se valida en la escuela.

El país tiene la oportunidad de comprender de otro modo el conocimiento profesional del profesor y los propios procesos de formación. Sin embargo, en tanto que las investigaciones no trasciendan la idea del conocimiento didáctico del contenido como el fin último de la enseñanza, el cómo “perfeccionamos” los cómo y no consideramos que el conocimiento en la escuela se construye como una forma legítima y válida para comprender y transformar las propias realidades de los niños y jóvenes, continuaremos trabajando en lo adjetivo de la didáctica y no en lo sustantivo, en palabras de Astolfi (1997).

Situados en el marco anterior, la investigación abordó el siguiente problema de investigación ¿Qué caracteriza el conocimiento profesional del profesor de biología en relación con la enseñanza de la Biodiversidad, en un estudio de caso –de un profesor en formación inicial– en el espacio académico Práctica Pedagógica de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas? Esta pregunta fundamental transita por diferentes preguntas orientadoras, una de ellas, motivo de este escrito: ¿Qué conocimientos se integran en la construcción del CPPB de un profesor en formación en relación con la enseñanza de la biodiversidad, en el espacio académico de la práctica pedagógica de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas?, cuyos resultados presentamos de manera sucinta a continuación.

5.3 Metodología

Fonseca (2018), planteó la metodología del proceso de investigación a través de los principios de la investigación de orden interpretativa desde los principios de Vasilachis (2006), acudiendo a los planteamientos del estudio de caso, posibilitando la comprensión en profundidad acerca de la construcción del conocimiento profesional de profesor de biología entendido como un proceso de construcción y no como un objeto predefinido (Martínez, 2000). Se articulan los planteamientos de Ragin (1992), Stake (1999), Yin (1994), Páramo (2011), Neiman y Quaranta (2006), Perecman-Curran (2006), para construir la arquitectura del conocimiento profesional que este profesor en formación configura. En este sentido, se acude a la propuesta epistemológica a la que se refiere Vasilachis (2006), del sujeto conocido, como un lugar de reconocer al otro como parte del propio proceso del proyecto. Por otra parte, en coherencia con el desarrollo de los objetivos de la investigación y las consideraciones acerca de la necesidad de trascender una mirada interpretativa como lo plantean Mora y Parga (2014), Abell (2008), se articula a

la investigación los principios de la I-A autores como Carr (1989), Kemmis y McTaggart (1988, 2013), Kemmis *et al.* (2014), a través del desarrollo de los bucles de la espiral autorreflexiva.

El proceso de la investigación se desarrolló en el espacio de práctica pedagógica, del proyecto curricular Licenciatura en Biología (PCLB) de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas, en donde el estudiante en formación (caso Yonier) participó en la I-A, a través de dos bucles de la espiral autorreflexiva (planeación, acción-observación y reflexión); en el proceso se adoptaron, diseñaron e implementaron técnicas e instrumentos para la recolección de información, unos realizados por el investigador y diligenciados por el profesor en formación (Entrevistas semiestructuradas, ReCo, asesorías individuales y grupales, observación, filmación y transcripción de quince clases), y unos elaborados por este último (Unidad didáctica, diario de campo) (Figura 5.1). Los datos se organizaron en la estructura del software cualitativo NVivo 10/11, que facilitó los procesos de interpretación y de construcción de conocimiento el cual se validó a través de la triangulación de técnicas e instrumentos, además de la transformación del discurso y del propio sujeto que hace parte del estudio de caso.

Figura 5.1. Síntesis del proceso metodológico.

FASE 1		FASE 2		FASE 3
		FASE 2 - A	FASE 2 - B	
CONTEXTUALIZACIÓN <ul style="list-style-type: none"> Selección de Sujeto. Sesiones de trabajo formativo. Caracterización Institucional. Caracterización grupo 903 (dificultades comportamentales y baja responsabilidad en los compromisos escolares) 		PARTICIPACIÓN DE LA I-A <ul style="list-style-type: none"> Sesiones de tutorías. Sesiones de Intervención en el Aula. Problemización, Transformación y Formación. 		SISTEMATIZACIÓN <ul style="list-style-type: none"> Procesamiento de la información en vivo. Interpretación de Primer y Segundo Nivel. Triangulación.
INST.	P	Planeaciones de Clase. Unidad Didáctica. ReCo	A	R
			Filmación y transcripción de Clase. Entrevista semiestructurada antes y posterior a la clase. Observación participante.	Entrevista semiestructurada antes y posterior a la clase. Grupo focal. Diario del profesor.
P. V.		Validación de Expertos	Triangulación Metodológica	Participación de Yonier en el proceso de interpretación y validación.

Fuente: Fonseca (2018).

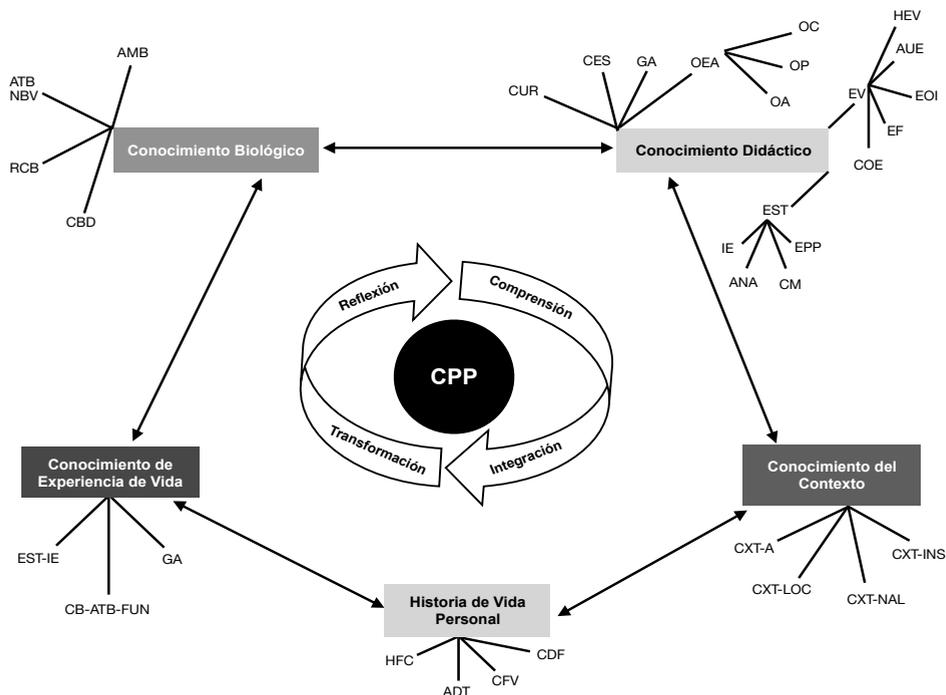
5.4 Resultados y análisis

El caso Yonier se constituye en una oportunidad de contribuir en dos vías: la primera en aportar en la propia transformación de los discursos y de prácticas del profesor en formación (Yonier) y del profesor e investigador. El caso no solo desarrolla un proceso de interpretación de los datos, sino que se compromete con la propia transformación de los sujetos a través de la articulación de la Investigación-Acción en el desarrollo del proyecto, aportando una ruta metodológica a la línea de investigación del conocimiento profesional del profesor de ciencias y conocimiento escolar, en coherencia con sus propios principios vinculados a la teoría crítica al conocimiento profesional del profesor, en donde el profesor se asume como un intelectual y en consecuencia un sujeto de conocimiento. La segunda vía corresponde en contribuir a la pregunta: ¿cuáles son las características del conocimiento profesional de los profesores de las diferentes áreas del conocimiento? (Martínez, 2009, p. 70), interrogante que es objeto de investigación en la línea de investigación con el propósito de contribuir en los procesos de formación de los profesores en formación y en ejercicio.

5.4.1 ¿Qué conocimientos se integran en la construcción del CPPB en relación con la enseñanza de la biodiversidad?

El conocimiento profesional del profesor de biología (CPPB) se construye a través de la integración de diversos conocimientos, es decir, es un conocimiento cuya naturaleza ontológica, le corresponde en sí mismo la propiedad de integración/transformación, entre conocimiento experiencial (historia de vida, contexto, experiencia como interprete ambiental) y el conocimiento académico (conocimiento biológico y conocimiento didáctico de las ciencias) (Fonseca, 2018) (Figura 5.2). En consecuencia, de tal naturaleza se configura una epistemología particular, que se ubica en el lugar de la práctica misma.

Figura 5.2. Modelo pentagonal de integración/transformación del CPPB (sobre la enseñanza de la biodiversidad)³¹



Fuente: Fonseca (2018).

El hallazgo de la presente investigación cuestiona lo planteado por Fischer, Borowski y Tepner (citados por Fraser, Tobin y McRobbie, 2012), quienes mencionan que la mayor parte de la investigación sobre la CK y PCK, que son las facetas más importantes de conocimiento profesional sobre la educación científica, ya que, a diferencia de ello, en el estudio de caso se muestra que no existe una jerarquía de importancia entre los conocimientos que interactúan. Puede verse una relevancia en el conocimiento sobre la historia de vida de Yonier, no considerándolo como más importante, sino como eje articulador entre los demás conocimientos.

³¹ Conocimiento biológico AMB, Ámbitos de explicación de la biodiversidad (evolutivo, ecológico, cultural); ATB, atributos de biodiversidad (estructura, composición y función); NBV, niveles de biodiversidad (genético, especie y ecosistémico); CBD, conocimiento general de biodiversidad; RCB, reflexión sobre el propio contenido de biodiversidad; GA, gestión de aula; CBATB, conocimiento biodiversidad atributo de función; ADT, autodeterminación; CFV, condiciones favorables; CDF, condiciones desfavorables; CXT-A, contexto del aula; CXT-LOC, contexto local; CXT-NAL, contexto nacional; CXT-INS, contexto institucional; EV, Evaluación; EST, estrategias; OEA, objetivos de enseñanza y de aprendizaje; CUR, currículo; CES, conocimiento del estudiante.

En este sentido, diversos investigadores han señalado el carácter integrativo del CPP. Porlán y Rivero (1998) señalan que el conocimiento práctico profesional deseable es, por tanto, el resultante de un complejo proceso de interacciones e integraciones de diferente nivel y naturaleza, organizado en torno a los problemas de la práctica profesional. “Esta integración no es una mera yuxtaposición de contenidos procedentes de diferentes fuentes, sino que implica una profunda tarea de reelaboración y transformación epistemológica y didáctica que puede realizarse en varios niveles” (Martin del Pozo, 1994 citado por Porlán y Rivero, 1998, p. 87). Desde el programa de Tardif (2004), también se considera la idea de integración de saberes en la práctica del profesor “Su práctica integra estos saberes, entonces, el saber docente como un saber plural, formado por una amalgama, más o menos coherente, de saberes procedentes de la formación profesional y disciplinarios, curriculares y experienciales” (p. 29).

Al igual que los anteriores autores, Valbuena (2007) plantea que el Conocimiento Didáctico del Contenido Biológico se produce a partir del proceso de transformación, procesamiento, interrelación, e integración de diversos componentes. En este orden de ideas, Perafán (2015) señala la necesidad de comprender la categoría conocimiento profesional docente como un sistema de ideas integradas que asocia a cada uno de los saberes (saberes académicos, experienciales, rutinas y guiones, y teorías implícitas) un estatuto epistemológico fundante particular. En este mismo sentido, Martínez y Valbuena (2013), señalan la configuración y reconfiguración de diversos saberes y conocimientos en la práctica del profesorado, y a partir de diversas fuentes, “Así, los profesores constituyen sujetos de conocimiento y no simples ejecutores técnicos de los conocimientos producidos por otros” (pp. 24-25).

Respecto a la integración de los conocimientos, Park, Jang, Chen y Jung (2011), Abell (2008), refiriéndose al PCK, plantean la necesidad de pensar las componentes de manera integrada y de ampliar la comprensión de las relaciones que se suceden entre todas las componentes.

Es importante señalar que, en la presente investigación, se logra advertir la integración de los conocimientos en un profesor en formación, contrario a lo que plantea Ballenilla (2003), quien señala que esta integración es característica de los profesores con experiencia.

5.4.2 El CPPB y conocimiento biológico (CB) de la biodiversidad

El CB se integra al CPPB como un conocimiento que contribuye con el desarrollo de las finalidades del proceso de enseñanza y de aprendizaje, en los momentos de planeación-acción-reflexión. Se destaca que este conocimiento sufre transformaciones desde el momento de la planeación y acción hasta que se ‘estabiliza’ en el proceso de reflexión.

El conocimiento del contenido, de la materia, hace parte del CPP, como lo han planteado diversos investigadores en el campo de la formación de profesores, tales como Valbuena (2007), Vasco (1996), Shulman (1987), Tardif (2004), Mora y Parga (2014), Porlán y Rivero (1998), quienes reconocen que el saber disciplinar es un conocimiento articulado, flexible, plural, crítico e integrador, que incluye no solo saberes de las disciplinas, sino también sobre las disciplinas.

Sin embargo, es importante el planteamiento de Perafán (2015), quien señala que es preciso asumir una perspectiva crítica a la perspectiva según la cual “los conocimientos disciplinares son asumidos por los profesores como un asunto natural de su ejercicio profesional, sin reconocer que el mismo en la escuela produce un conocimiento diferenciado (p. 10). Y propone desde principios epistemológicos, antropológicos y posestructuralistas contemporáneos “la reivindicación del papel del profesorado como intelectual, trabajador de la cultura y productor de conocimiento disciplinar escolar.” (p. 10).

El CB, se constituye en un conocimiento que hace parte del conocimiento profesional del profesor de biología, y se evidencia en el marco de la I-A, en los ciclos I y II, en los momentos de planeación, acción y reflexión. Yonier recurre al conocimiento de la biología para fundamentar su práctica; destacando una “fidelidad” considerable a estos referentes disciplinares en la planeación del ciclo I, (aspecto que cambia en los momentos de acción en ciclo I y II) donde pretende tomar de forma literal estos presupuestos teóricos. Acude a diferentes fuentes de información para comprender los niveles de biodiversidad, los atributos y ámbitos de explicación tal como lo proponen Rozzi, Feinsinger, Massardo y Primack (2001), donde tienen en cuenta tres atributos: Composición, estructura y función.

Ahora bien, cabe señalar tres asuntos clave relacionados con la integración del conocimiento biológico en el CPP en el profesor en formación. El primero se refiere al momento de planeación en el cual el profesor acude de manera literal al conocimiento que se ha producido en la comunidad de biólogos de la conservación. Así, retoma el referente que se ha producido

en este campo con la intención que sus estudiantes lo comprendan con la mayor precisión. El segundo se refiere a la acción, este conocimiento sufre una transformación en relación con el nivel de profundidad y de privilegiar ciertos contenidos, y del uso de analogías como estrategia para la comprensión de los estudiantes. Existen contradicciones entre lo planificado por los futuros maestros y las prácticas cotidianas en las escuelas, aspecto que lejos de ser un obstáculo se transforma en un eje movilizador de la formación docente (Fonseca, 2009). El tercer asunto corresponde a la reflexión que hace el profesor en formación sobre su propia comprensión del contenido biológico que pretende que sus estudiantes aprendan.

En este sentido, es importante advertir, como la propia práctica pedagógica, contribuye a la construcción del conocimiento biológico de la biodiversidad, estableciendo una relación circular entre práctica y teoría. Es decir, no es suficiente una formación “conceptual” de la disciplina aislada de las propias dinámicas de aula, por ello es a través de la reflexión sistemática sobre los diversos conocimientos que se integran para constituir el CPPB, lo que permite una adecuada comprensión, que se traduce en un proceso de enseñanza y de aprendizaje coherente con las finalidades que pretende el profesor en formación.

5.4.3 El CPPB y el conocimiento didáctico (CD)

Respecto a las didácticas específicas, Porlán y Rivero (1998) utilizan y reinterpretan los conocimientos científicos y psicopedagógicos para explicar los procesos de enseñanza y de aprendizaje de una materia escolar determinada, y para proponer pautas concretas de diseño y desarrollo curricular. Es decir, son un saber de síntesis de los diferentes tipos de conocimiento.

El profesor en formación (Caso Yonier) se caracteriza por un alto grado de fundamentación, que se expresa en la comprensión acerca de los principios del constructivismo articulado a la investigación escolar como estrategia de enseñanza y de aprendizaje, a los procesos de evaluación como parte del proceso de aprendizaje y al reconocimiento de las ideas de los estudiantes y los procesos de complejización como fin de la enseñanza de las ciencias. A diferencia de los planteado por Porlán y Rivero (1998), quienes señalan que estos tipos de saberes usualmente no se asumen con la rigurosidad que merecen “en general, los vinculados a las ciencias de la educación suelen tener una escasa influencia en la actividad profesional debido a su aprendizaje descontextualizado y fragmentario, y constituyen eso que muchos profesores rechazan, llamándolo despectivamente *la teoría*” (p. 60).

En este caso en particular, se encuentra una apropiación por parte del profesor en formación. Igual que en el conocimiento biológico, el profesor en formación en el momento de la planeación hace explícito un conocimiento fundamentado, el cual, en los momentos de la acción y reflexión, sufre modificaciones en razón del contexto aula, institución y localidad, nuevamente es posible señalar, la importancia de la fundamentación sobre este conocimiento, y las comprensiones acerca de las transformaciones que le suceden.

Es importante resaltar la comprensión que tiene Yonier acerca de la importancia de vincular al propio estudiante en el proceso de construcción del concepto de biodiversidad a través de la investigación escolar, estableciendo una relación entre sus propios saberes cotidianos y el referente biológico, con la finalidad de aplicar lo aprendido en el contexto. En este sentido, el profesor en formación acude a los referentes académicos de orden didáctico en el campo de la enseñanza de las ciencias.

5.4.4 El CPPB y el conocimiento de su historia de vida (CHV)

Tardif (2004) estima que, en el conocimiento de la historia de vida, los saberes de los docentes tienen una coherencia pragmática y biográfica, por tanto, este conocimiento se constituye en un elemento transversal en la configuración del CPPB, en el Caso Yonier, a diferencia de lo que plantea GessNewsome (2015), quien lo reconoce más en el orden de amplificadores y filtros que como un conocimiento en sí mismo.

Sin duda, su historia de vida permite que Yonier forje su autodeterminación hacia el progreso, le otorga una voluntad que lo impulsa a mejorar sus condiciones personales, familiares y de su contexto, consignas que se ven reflejadas en su práctica profesional en ejercicio de la enseñanza. Así, se confirma que la comprensión del CPP de Biología es existencial (Tardif, 2004). Existencial por cuanto “un maestro, no piensa solo con la cabeza, sino con la vida, con lo que ha sido, con lo que ha vivido, con lo que ha acumulado en términos de experiencia vital, en términos de bagaje de certezas” (p. 75). Así, labora no solo desde su intelectualidad, sino a partir de lo que el autor denomina su “historia vital”.

En consecuencia, la historia de vida se puede considerar como un conocimiento histórico que se materializa en el actuar del profesor en formación y le dan sentido a su acción práctica. De igual manera, Connelly y Clandinin (1988) expresa que el conocimiento práctico personal es un conocimiento

construido históricamente en el transcurso de la vida y se caracteriza por desarrollarse en situaciones sociales. Es un conocimiento que surge de la experiencia individual, pero que tiene una “naturaleza contextual”, en otras palabras, una naturaleza social e histórica. El conocimiento práctico personal se instala en la “mente y cuerpo” de las personas. Aunque este no es un conocimiento estático, es dinámico y se revive a través de los procesos de reflexión, exteriorizándose en las narraciones, al igual que en las acciones.

Complementan, Connelly y Clandinin (1988), que el conocimiento práctico personal por estar “tallado en la mente y cuerpo” de los profesores, no se puede desprender de su actuar, siempre está allí, por ser parte del pasado de los maestros, se encuentra vinculado o encadenado a su proceder, de tal manera que se reconstruye y revive a cada momento guiando su ser y hacer.

En efecto, el conocimiento construido durante la historia de vida por los profesores, se encuentra en constante movimiento, como lo señala Freire (1969), “los hombres son seres histórico-sociales, que pueden “tridimensionalizar el tiempo” (p. 84), dado que su reflexión y acción siempre está dialécticamente moviéndose entre el pasado, presente y futuro. Pero al mismo tiempo, es la historia de vida como conocimiento la que lo moviliza para querer cambiar su realidad, es el contenido histórico de ese conocimiento que lo “empuja”, como dice él, a comprender las condiciones desiguales como posibilidades u oportunidades para querer ser más.

5.4.5 El CPPB y el conocimiento derivado de la experiencia (CEX)

La experiencia como conocimiento en el caso Yonier se hace visible en dos niveles: el *primero*, referido al conocimiento derivado de la reflexión sobre la práctica misma en su actuación como profesor en formación y, el *segundo*, cuando él se refiere al conocimiento que ha construido como interprete ambiental en el Bioparque La Reserva (trabajo que desempeña los fines de semana). Ya que como lo menciona Martínez y Valbuena (2013), la práctica del profesorado constituye un ejercicio académico el cual se configura y reconfigura de diversos saberes y conocimientos a partir de diferentes fuentes (principalmente la experiencia y la académica).

Este conocimiento es reconocido por Shulman (1987) como “la sabiduría que otorga la práctica misma”, es decir, la práctica le permite construir un conocimiento que solo es posible luego del ejercicio de reflexión sobre

su acción, es un conocimiento de carácter práctico, temporal y contextual, que se sucede a través del ejercicio del pensar, de comprender lo sucedido, de sospechar, de ponerlo en suspensión, de objetivarlo, para comprenderlo.

De esta manera, este tipo de conocimiento se relaciona con lo que plantean Porlán y Rivero (1998), al referirse a los saberes experienciales como aquellos que “se refieren al conjunto de ideas conscientes que los profesores desarrollan durante el ejercicio de la profesión acerca de diferentes aspectos de los procesos de enseñanza y de aprendizaje” (p. 60) (el aprendizaje de los alumnos, la metodología, la naturaleza de los contenidos, el papel de la programación y la evaluación, los fines y los objetivos deseables, etc.). Tardif tiene un punto de vista similar.

Los saberes experienciales se producen a través de la reflexión de lo que sucede en la práctica misma, su origen es contextual, con un grupo particular, en relación con un aspecto singular, que puede instalarse como un principio de actuación en contexto similares.

Este conocimiento se constituye en una construcción ideológica en razón que pasa por el propio sujeto, le pasa algo al sujeto, se hace parte de sí. Al respecto, Tardif plantea: “Solo eso permite al docente desarrollar los hábitos (es decir determinadas disposiciones adquiridas en y por la práctica real) que le permitirán precisamente afrontar los condicionantes imponderables de la profesión” (2004, p. 38). Los hábitos pueden transformarse en un estilo de enseñanza, en recursos ingeniosos de la profesión e incluso, en rasgos de la personalidad profesional. Se manifiestan, por tanto, a través de un saber ser y de un saber hacer personales y profesionales validados por el trabajo cotidiano.

Por otra parte, es importante situar en el Conocimiento Profesional del Profesor, el conocimiento derivado de la experiencia de otros contextos en donde el maestro actúa, en razón que nutre su ejercicio profesional.

5.4.6 El CPPB y el conocimiento del contexto (CXT)

De acuerdo con lo aquí expuesto, se concluye que el conocimiento del contexto es una parte constituyente del Conocimiento Profesional del profesor (Valbuena, 2008; Mora y Parga, 2014; Shulman, 1987, 2015).

A partir del Caso Yonier se identificaron cuatro formas de comprender el contexto: la primera presenta al contexto como fuente de conocimiento;

la segunda lo muestra como objeto de conocimiento y de aplicación de lo aprendido en la escuela; la tercera comprende el contexto como un referente ineludible en el desarrollo de las clases, y la cuarta corresponde reconocer que existen situaciones del contexto adversas que afectan la práctica pedagógica.

De modo que esta tesis se distancia de los argumentos de GessNewsome (2015) quien considera que “el TPKB y el TSPK son dos bases de conocimiento libres de contexto” (p. 30).

5.5 A manera de cierre

Respecto al propósito de este capítulo de aportar en la comprensión de la pregunta ¿qué conocimientos se integran en la construcción del CPPB de un profesor en formación en relación con la enseñanza de la biodiversidad, en el espacio académico de la práctica pedagógica de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas?, cabe señalar que, a través del estudio de caso de un estudiante en formación, vinculando los principios de la I-A, se concluye que “el CPP se construye a través de la integración/transformación de los conocimientos académico (biológico y didáctico), y los de orden experiencial (historia de vida, experiencial y de contexto)” (Fonseca, 2018, p. 69).

Comprender el CPP como el proceso de integración de estos conocimientos, implica por lo menos reflexionar sobre tres asuntos importantes en la formación del profesor de ciencias. El primero corresponde en la construcción de un marco epistemológico diferenciado para comprender la naturaleza del CPP, en razón a que este deviene de conocimientos de distinto orden, el de la academia y el de la vida y contexto de los propios sujetos; en este orden, la epistemología de la práctica planteada por Porlán y Tardif se constituye en un referente importante sobre el cual profundizar. El segundo asunto corresponde a replantear el propio proceso de formación de los profesores, en donde se privilegia el conocimiento académico y no se articula de manera rigurosa la comprensión del conocimiento implícito en la propia historia de vida, del contexto y de la experiencia del propio sujeto que se está formando como profesor. El tercer asunto se sitúa en las formas de proceder en la formación del profesor, en donde se privilegia el conocimiento teórico sobre la reflexión sistemática de los propios contextos escolares y, en consecuencia, sobre la propia práctica.

5.6 Bibliografía

Abell, S. (2008). Twenty Years Later. Does Pedagogical Content Knowledge remain a useful [Veinte años más tarde. ¿El conocimiento pedagógico del contenido sigue siendo una herramienta útil?]. *International Journal of Science Education*, 30(10), 1405-1416.

Astolfi, J. P. (1997). *Conceptos clave en la didáctica de las disciplinas*. Sevilla: Diada.

Ballenilla G., F. (2003). El practicum en la formación inicial del profesorado de ciencias de enseñanza secundaria. Estudio de Caso. Volumen I: Planteamiento teórico, diseño y conclusiones de la investigación (tesis doctoral). Universidad de Sevilla, España.

Berry, A., Friedrichsen, P. y Loughran, J. (Eds.). (2015). *Re-examining pedagogical content knowledge in science education* [Reexaminando el conocimiento pedagógico del contenido en la educación científica]. Routledge.

Bonilla López, O. A. (2014). Ampliando la conceptualización del conocimiento pedagógico del contenido, la perspectiva intercultural (tesis doctoral). Medellín: Universidad de Antioquia.

Carr, W. (1989). *Calidad de la enseñanza e investigación acción* (ed. revisada). Sevilla: Diada.

Connelly, F. M. y Clandinin, D. J. (1988). *Teachers as Curriculum Planners. Narratives of Experience*. Amsterdam: Teachers College Press.

Fonseca, G. (2009). La formación de profesores de biología a través del diseño, implementación y sistematización de unidades didácticas. *Enseñanza de las Ciencias*, (Número Extra VIII Congreso Internacional sobre Investigación en Didáctica de las Ciencias) Barcelona, pp. 2293-2296.

Fonseca, G. (2015). El conocimiento profesional del profesor de biología: configuración desde la investigación-acción. *Bio-grafías. Escritos sobre la biología y su enseñanza*. Edición Extraordinaria, pp. 930-946.

Fonseca, G. y Martínez, C. (2011). El conocimiento didáctico del contenido en la formación de profesores de biología: un estudio de caso. *TED: Tecné, Episteme y Didaxis* (Extra) pp. 1694-1699.

Fonseca, G. (2018). Los ejes DOC: una estrategia conceptual y metodológica en la construcción del conocimiento profesional del profesor. En *Revista científica* [S.l.], 1(31), pp. 68-84. ISSN 2344-8350. Disponible en: <<http://revistas.udistrital.edu.co/ojs/index.php/revcie/article/view/12432>>. Fecha de acceso: 19 ago. 2018 doi: <https://doi.org/10.14483/23448350.12432>.

Fonseca, G. (2018). El conocimiento profesional del profesor de biología sobre biodiversidad. Un estudio de caso en la formación inicial durante la práctica pedagógica en la Universidad Distrital Francisco José de Caldas (tesis doctoral) Doctorado Interinstitucional en Educación. Universidad Distrital Francisco José de Caldas.

Fischer, H. E., Borowski, A. y Tepner, O. (2012). Professional knowledge of science teachers. In *Second International Handbook of Science Education* (pp. 435-448). Springer, Netherlands.

Fraser, B., Tobin, K. y McRobbie, C. (Eds.). (2012). *Second International Handbook of Science Education*: Springer, Netherlands.

Freire, P. (1969). *La pedagogía como práctica de la libertad*. Madrid: Editorial Siglo XXI.

García, J. E. (1998). *Hacia una teoría alternativa sobre los contenidos escolares*. Sevilla: Diada.

Gess-Newsome, J. (2015). A model of teacher professional knowledge and skill including PCK. In Berry, A., Friedrichsen, P. y Loughran, J. (Eds.). *Re-examining pedagogical content knowledge in science education*. Routledge, pp. 28-42.

Jiménez N., Angulo, D.F. y Soto, L. (2013). La configuración del conocimiento profesional del profesor principiante: enseñar la célula, un estudio de caso. *Revista Bio-grafías*, 6(10). 29-41.

Kemmis, S. y McTaggart, R. (2013). *La investigación-acción participativa: La acción comunicativa y la esfera pública*. In *Manual de investigación cualitativa*. Vol. III, 361-439. Barcelona: Gedisa.

Kemmis, S. y MacTaggart, R. (1988). *Cómo planificar la investigación-acción*. Barcelona: Editorial Laertes.

Kemmis, S., McTaggart, R. y Nixon, R. (2014). *The action research planner: Doing critical participatory action research*. Springer Science & Business Media.

Magnusson, S., Krajcik, J. y Borko, H. (1999). Nature, Sources and Development of Pedagogical Content Knowledge [Naturaleza, las fuentes y el desarrollo del conocimiento pedagógico del contenido]. En: J. Gess-Newsome y N. G. Lederman (Eds.), *Examining pedagogical content knowledge* (pp. 95-132). Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.

Martínez, C. A (2000). *Las propuestas curriculares de los profesores sobre el conocimiento escolar: dos estudios de caso en el área de conocimiento del medio*. Universidad de Sevilla.

Martínez, C. A (2009). El conocimiento profesional de los (as) profesores (as) de ciencias: algunos aspectos centrales en el desarrollo de la línea de investigación. *Revista Científica*, (11).

Martínez, C. A. y Valbuena, E. O. (2013). *El conocimiento profesional de los profesores de ciencias sobre el conocimiento escolar*. Bogotá: Editorial Universidad Distrital Francisco José de Caldas.

Martínez, C. A. (2005). De los contenidos al conocimiento escolar en las clases de ciencia. *Revista Educación y Pedagogía*, 17(43), 151-161.

Martínez, C. A. (2016). Capítulo 7. Una mirada a la complejidad del conocimiento de las profesoras y profesores en ciencias, desde la propuesta de ejes DOC: Dinamizadores, Obstáculo y Cuestionamiento. En: Perafán, G. A., Badillo, E. y Adúriz-Bravo, A. (2016). *Conocimiento y emociones del profesorado. Contribuciones para su desarrollo e implicaciones didáctica*. Editorial Aula de Humanidades.

Mora P., W. M. & Parga L., D. L. (2014). Capítulo 5. Aportes al CDC desde el pensamiento complejo. En: Garritz, A., Daza, S. y Lorenzo, M. (2014). *Conocimiento Didáctico del Contenido. Una perspectiva iberoamericana*. (pp. 100-143). Alemania: Editorial Académica Española.

Neiman, G. y Quaranta, G. (2006). Los estudios de caso en la investigación sociológica. En Vasilachis, I. (Eds.) *Estrategias de investigación cualitativa*, 213-234, Barcelona: Editorial Gedisa S.A.

Páramo, P. (2011). *La investigación en ciencias sociales: Estrategias de investigación*. Bogotá.

Parga, L. y Mora, P. (2014) El PCK, un espacio de diversidad teórica: Conceptos y experiencias unificadoras en relación con la didáctica de los contenidos en química. *Educación química*, 25(3), 332-342.

Park, S. y Oliver, J. S. (2008). Revisiting the conceptualisation of pedagogical content knowledge (PCK): PCK as a conceptual tool to understand teachers as professionals [Revisando la conceptualización del conocimiento pedagógico del contenido (PCK): PCK como herramienta conceptual para comprender los maestros como profesionales]. *Research in Science Education*, 38(3), 261-284.

Park, S., Jang, J.Y., Chen, Y.C. y Jung, J. (2011). Is pedagogical content knowledge (PCK) necessary for reformed science teaching? Evidence from an empirical study [¿El conocimiento pedagógico del contenido (PCK) es necesario para la reformar la enseñanza de las ciencias? evidencia de un estudio empírico]. *Research in Science Education*, 41(2), 245-260. doi: 10.1007/s11165-009-9163-8

Perafán, A. (2004). *La epistemología del profesor sobre su propio conocimiento profesional*. Bogotá: Universidad Pedagógica Nacional

Perafán, G. (2013). La transposición didáctica como estatuto epistemológico fundante de los saberes académicos del profesor. *Folios: revista de la Facultad de Humanidades*, (37), 83-93.

Perafán, G. (2015) *Conocimiento profesional docente y prácticas pedagógicas*. Editorial Aula Humanidades. Bogotá, Colombia.

Perceman, E. y Curran, S. R. (2006). *A handbook for social science field research: essays & bibliographic sources on research design and methods*. Sage Publications.

Porlán, R. y Rivero, A. (1998). *El conocimiento de los profesores*. Sevilla: Diada Editorial.

Porlán, R., Rivero, A. & Martín Del Pozo, R. (1998). Conocimiento profesional y epistemología de los profesores, II: Estudios empíricos y conclusiones. *Enseñanza de las ciencias*, 16(2), 271-278.

Ragin, Ch. y Becker, H. (1992). *What is a Case? Exploring the Foundations of Social Inquiry*. Cambridge: Cambridge University Press.

Rivero, A. (2003). Proyecto Docente. Dpto. de didáctica de las ciencias experimentales y sociales. Universidad de Sevilla.

Shulman, L. S. (1986). Those who understand: Knowledge growth in teaching [Aquellos que entienden: el crecimiento del conocimiento en la enseñanza]. *Educational Researcher*, 15(2), 4-14.

Shulman, L. S. (1987). Knowledge and teaching: Foundations of the new reform [El conocimiento y la enseñanza: Los fundamentos de la nueva reforma]. *Harvard Educational Review*, 57(1), 1-22.

Shulman, L. S. (2005). Signature pedagogies in the professions. *Daedalus*, 134(3), 52-59.

Shulman, L. (2015). PCK: Its genesis and exodus. In Berry, A., Friedrichsen, P. y Loughran, J. (Eds.). *Re-examining pedagogical content knowledge in science education*. (pp. 3-13) Routledge.

Stake, R. (1999). Estudio de casos. En: Denzin, N. y Lincoln Y. (2011). *Handbook of Qualitative Research*. 236- 247, Londres: SAGE Publications.

Tamayo A., O. E. y Orrego C. M. (2005). Aportes a la naturaleza de la ciencia y del contenido pedagógico del conocimiento para el campo conceptual de la educación en ciencias. *Revista Educación y Pedagogía*, 17(43), 13-25.

Tardif, M. (2004). *Los saberes del docente y su desarrollo profesional*. Madrid: Narcea.

Valbuena, E. (2007). *El conocimiento didáctico del contenido biológico. Estudio de las concepciones disciplinares y didácticas de futuros docentes de la Universidad Pedagógica Nacional (Colombia)*. Madrid: Universidad Complutense.

Vasco Montoya, E. (1996). *Maestros, alumnos y saberes. Investigación y docencia en el aula*. Bogotá: Cooperativa Editorial Magisterio.

Vasillachis de Gialdino, I. (2006). *Estrategias de investigación cualitativa*. Barcelona: Editorial Gedisa S.A.

Yin, R.L. (1994). *Case Study Research*. Sage Publications, Thousand Oaks, CA.

6. Perspectivas de género en la formación docente

*Adriana Patricia Gallego Torres*³²

*Johanna Camacho González*³³

6.1 Introducción

La perspectiva de género es una dimensión analítica orientada al estudio de las construcciones culturales y sociales propias para los hombres y las mujeres, lo que identifica lo femenino y lo masculino (Chávez, 2004) que tiene implícita la existencia de una inequidad entre géneros en las disciplinas científicas.

El movimiento social de las mujeres nace en las décadas del sesenta al ochenta denominado como la segunda ola feminista, que fue ante todo un movimiento político que tuvo como propósito cambiar las condiciones sociales de las mujeres, reconociendo muy bien que hacerlo significaba cambiar el mundo. Fuera del proyecto abiertamente político pronto surgió un movimiento intelectual y académico que, desde entonces, se preocupa por la igualdad de las mujeres en todas las disciplinas y en el ámbito laboral bajo la premisa de igualdad de oportunidades y derechos (Keller, 2004).

Pese a todos los esfuerzos que desde entonces se han venido realizando, las mujeres a aun continúan subrepresentadas y marginadas en campos como la ciencia, la ingeniería y la tecnología (Brotman y Moore, 2008). La brecha de género en la educación científica y tecnológica sigue siendo una de las preocupaciones en el mundo académico, según reportes de la Unesco³⁴

32 Doctorado Interinstitucional en Educación -Universidad Distrital “Francisco José de Caldas” Bogotá-Colombia. adpgallegot@udistrital.edu.co

33 Profesora de la Facultad de Filosofía y Humanidades de la Universidad de Chile, Santiago. jpcamacho@uchile.cl

34 Huyer, S. “Is the Gender Gap Narrowing in Science and Engineering?” In: UNESCO Science Report: Towards 2030. Paris, France: UNESCO Publishing; 2015.

tan solo un 28 % de las mujeres cuenta con estudios doctorales relacionados con la ciencia, la tecnología o la innovación, lo que supone una baja participación de las mujeres en la investigación y la falta de espacios de formación docente que lleve a las aulas la problemática de género como una posible alternativa al problema (Gallego *et al.*, 2013).

Uno de los propósitos a nivel mundial, es lograr la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible, especialmente el Objetivo de Desarrollo Sostenible 5 (ODS 5): “Lograr la igualdad de género y empoderar a todas las mujeres y niñas, y todos los demás ODS que dependen de las capacidades de Ciencia, tecnología e innovación CTI, lo que supone aumentar los escenarios y la participación de las mujeres en la educación científica y tecnológica, y fomentar desde la educación en ciencias una mayor participación de mujeres en todos los niveles de educación, y proporcionar oportunidades iguales para científicas e ingenieras a lo largo de sus carreras”³⁵.

En este sentido, se hace necesario aunar esfuerzos y plantear estrategias y espacios de formación inicial y continua para que los docentes lleven a las nuevas generaciones a empoderar a las mujeres y lograr la igualdad de género en la mano de obra científica, incluida la capacitación para corregir los prejuicios de género y los estereotipos que históricamente han azotado a las mujeres en la ciencia y la tecnología (Hurver, 2015; Kerhoven *et al.*, 2016).

6.2 El inicio de los estudios de género desde la sociología de la ciencia

Las investigaciones sobre ciencia y género, nacen asociadas a los estudios antropológicos y sociológicos de la ciencia, también denominados “estudios feministas sobre la ciencia” (Harding, 1986) que se originó en los años setenta, donde el propósito se centró en examinar de qué modo la ciencia ha abordado el tema del género en la construcción del conocimiento científico y el desarrollo de la ciencia y la tecnología. La publicación del artículo “Women in science. Why so few?” de Rossi (1965) abrió el debate y la problemática central en las ciencias naturales sobre las relaciones entre la ciencia género: ¿por qué tan pocas? A partir de esta problemática se

35 SAGA Science, Technology and Innovation Gender Objectives List (SAGA STI GOL).<http://www.unesco.org/new/en/natural-sciences/priority-areas/gender-and-science/improving-measurement-of-gender-equality-in-stem/stem-and-gender-advancement-saga/>

trazó un camino hacia la visibilización de las mujeres en la ciencia y en la recuperación de las historias de vida de todas aquellas mujeres que habían contribuido al desarrollo de la ciencia a través de los siglos (Gonzales y Fernández, 2016). Históricamente, las mujeres han sido víctimas la exclusión en la ciencia y la tecnología (Osborn *et al.*, 2000).

Estos estudios, dentro de sus propósitos, comparten un objetivo político: la oposición a la masculinización de la ciencia reflejada en la práctica científica y un llamado urgente a realizar acciones concretas que incorporen en la enseñanza una perspectiva igualitaria entre hombres y mujeres; de estos primeros estudios se hizo hincapié en la caracterización masculina de la ciencia y los estereotipos relacionados con la ciencia y sus métodos (Harding, 1986; Gonzales, 1998b; Vázquez y Manassero, 2003; Brotman y Moore, 2008; Romero y Villena, 2018).

Trabajar la formación docente dentro de las premisas del campo de investigación en ciencia y género supone tener en cuenta aspectos claves como: la cultura de la ciencia, la naturaleza del conocimiento científico, la contextualización de la ciencia para la educación, el currículo y las prácticas docentes (Harding, 1986; (Sayers, 1991; Arnot, 1999; Gallego-Torres, 2002; Díaz, 2008; Pujalte, 2014; Vázquez-Cupeiro, 2015; Gonzales y Fernández, 2016).

Muchos autores han coincidido en declarar que uno de los principales obstáculos para las mujeres fue la construcción social sobre la que se edificaron las ciencias debido al carácter neutral y racional que se le otorgo a la ciencia durante siglos (Schiebinger, 1999; Nuño- Angós, 2000; Sanz, 2005; Solís, 2018; González García, 2001; Gallego y Camacho, 2017); en los que la condición de neutralidad, postulado positivista que niega la subjetividad del sujeto investigador, y por tanto su sexo, hace a la ciencia especialmente reacia al reconocimiento de la autoría femenina y, en general, a incluir la diferencia sexual como variable significativa (Estany, (2000). Esto significó una validación de los estereotipos y sesgos de género en términos de contenidos, metodologías y prácticas científicas (Vázquez-Cupeiro, 2015). Como consecuencia de ello, la visión de la ciencia que se transmitió trajo visiones androcéntricas, debido entre otras muchas razones de tipo epistemológico que al estudiar ciencias naturales sus principales leyes, teoremas y modelos fueran representados por hombres, tal es el caso de las ecuaciones de Maxwell, el modelo atómico de Borh o el principio de Bernoulli, entre otros. Estos científicos pasaron a formar parte de la historia de la ciencia, lo

que conllevó a aumentar las barreras epistemológicas en materia de género (Miqueo *et al.*, 2003).

Esta imagen distorsionada de la ciencia, se promulgo no solo en los libros de historia o en los libros de texto, sino que además traspaso a la formación científica ciudadana y a los medios de comunicación masiva, donde la participación de la mujer en la ciencia se relego a los estereotipos antropológicos desde los paradigmas del patriarcado relacionados con el carácter masculino de la ciencia, las relaciones de poder y la división del trabajo en el mundo de la ciencia (Gallego-Torres, 2002, Gallego-Torres *et al.*, 2013; Vázquez-Cupeiro, 2015).

Estudiar la problemática de género desde la estructura social de la ciencia, supone revisar los entramados sociales, culturales y políticos; las influencias internas y externas al desarrollo científico; las relaciones de poder encabezadas por el género, la formación inicial y continua de los docentes, la educación científica y la historia y la filosofía del conocimiento científico. Este conjunto de ideas, se puede entender como parte de la tarea de los estudios de género y CTS, ubicando a la ciencia y la tecnología en un contexto social y cultural más amplio (González-García, 2001; Sanz, 2005).

En este sentido, los estudios sociológicos también dieron un giro, al incluir la perspectiva feminista como una categoría de análisis en la ciencia y la tecnología, lo que supuso revisar los procesos de producción y transmisión de los conocimientos desde una postura más amplia la simple referencia a las diferencias antropológicas (Turkenich y Flores, 2013).

6.3 Género ciencia y educación científica

Los estudios sobre ciencia, tecnología y género (CTG) se han convertido en una línea de investigación fuerte en las últimas décadas, que ha hecho énfasis ampliamente las transformaciones feministas que la enseñanza de las ciencias y más concretamente la formación docente ha puesto en práctica en las últimas décadas (Gallego y Camacho, 2015).

Nuestra intencionalidad es mostrar cómo se ha venido incorporando la perspectiva de género desde la formación docente, para lo cual se han planteado las siguientes categorías de estudio: La historia de la ciencia desde el

enfoque de género, las concepciones sobre ciencia y género en la enseñanza de las ciencias, el currículo y educación en ciencias, las actitudes hacia la ciencia desde la perspectiva de género y la equidad de género en la educación científica.

6.3.1 La historia de la ciencia desde el enfoque de género

La historia social de la ciencia, es una de las principales disciplinas en realizar esfuerzos por rescatar el papel de mujer en la historia científica de la humanidad y luchar contra las hegemonías patriarcales que tanto las han oprimido durante siglos. Esto se debe en parte a concepciones distorsionadas de la ciencia y el conocimiento científico, donde se reconstruye la historia de la ciencia sobre los nombres de grandes personajes y teorías o prácticas exitosas masculinas, como Newton, Einstein, Bohr, etc. y dejan de lado a muchas mujeres que tuvieron un papel protagónico en la ciencia. Trasmittiendo de generación en generación que la ciencia era única y exclusivamente para hombres. Desde este punto, el tema de las concepciones de la ciencia, varios autores han desarrollado investigaciones en el campo de la educación en ciencias para incluir la historia de la ciencia como herramienta para superar las barreras de género y transmitir una imagen más acorde con la epistemología actual, en este sentido tenemos trabajos como los desarrollados por Solís en 2018, en el que plantea la necesidad de que Maestras y Maestros de Primaria en formación construyan un conocimiento general de la ciencia relacionado tanto con los contenidos más estructurantes de las disciplinas implicadas como con la Historia de la ciencia desde un enfoque de género, que les permita analizar críticamente las relaciones entre ciencia-tecnología y género-sociedad a lo largo de la historia y en el presente.

En este mismo enfoque Lires, Nuño y Solsona, en 2003, publicaron un libro denominado “Las científicas y su historia en el aula” en el cual no solo muestran un trabajo profundo sobre la recuperación histórica de aquellas mujeres invisibilizadas en la ciencia, sino que además proponen una serie de actividades para poder incluir la perspectiva de género por medio de la historia de las ciencias.

En el 2007 Watts, comparó y analizó las interrelaciones de la educación, el género y la ciencia tanto a fines del siglo XVIII como a principios del siglo XX para explorar cuestiones de conocimiento y género y demostrar el

uso de una perspectiva histórica como relevante a la hora de introducir en la educación en ciencias la perspectiva de género.

Acevedo y Carmona en 2017, utilizaron las controversias científicas en la construcción del conocimiento científico utilizando la historia de la ciencia, en la que acudieron al caso de Rosalind Franklin y la doble hélice del ADN como enfoque de género.

6.3.2 Concepciones sobre ciencia y género en la enseñanza de las ciencias

Los estudios sobre concepciones de la ciencia y género han abarcado numerosas publicaciones científicas, muchas de ellas están orientados hacia la caracterización de una ciencia eminentemente masculina y alejada de una reconstrucción histórica del papel de las mujeres en la ciencia, la tecnología y la innovación, tal es el caso de Camacho en 2013 quien realizó un estudio en docentes de química chilenos para identificar y caracterizar las concepciones del profesorado sobre ciencia y género, a lo que concluyó que, los docentes de química en formación inicial se evidenció que sus concepciones acerca de ciencia y género, se sitúan desde diferentes perspectivas teóricas, es decir coexisten las visiones tradicional- dogmática y la constructivista en general, estos resultados están en concordancia con otras investigaciones en el campo de la Didáctica de las Ciencias Experimentales.

Trabajos como el realizado por Jones, Howe y Rua en el 2000, donde examinaron las percepciones de los estudiantes sobre ciencia, los científicos, las experiencias científicas extraescolares, encontraron continúan existiendo importantes diferencias de género en las experiencias, actitudes y percepciones científicas de los cursos y carreras de ciencias. Los hombres reportaron más experiencias extracurriculares con una variedad de herramientas tales como baterías, juguetes eléctricos, fusibles, microscopios y poleas. Las mujeres reportaron más experiencias con la fabricación de pan, tejer, coser y plantar semillas. Más estudiantes masculinos que femeninos indicaron que estaban interesados en bombas atómicas, átomos, automóviles, computadoras, rayos X y tecnología, mientras que más mujeres informaron interés en la comunicación con animales, el arco iris, la alimentación saludable, el clima y el SIDA. Además, cuando se les preguntó acerca de trabajos futuros, las respuestas de los estudiantes masculinos y

femeninos difirieron según el género. Los hombres vieron variables como controlar a otras personas, hacerse famosos, ganar mucho dinero y tener un trabajo simple y fácil como importante. Las mujeres, más que los hombres, querían “ayudar a otras personas”. Las percepciones de los estudiantes sobre la ciencia demostraron que significativamente más mujeres que hombres informaron que la ciencia era difícil de entender, mientras que más varones informaron que la ciencia era destructiva y peligrosa, y “más adecuada para niños”.

Otro ejemplo es el trabajo de Miller, Blessing y Schwartz en 2006, quienes examinaron las diferencias de género en los puntos de vista de los estudiantes y percepciones sobre la ciencia, clases de ciencias y científicos y concluyeron que las chicas a menudo perciben la ciencia como poco interesante, sin pasión, o llevando a un estilo de vida poco atractivo.

6.3.3 Currículo y educación en ciencias

Las investigaciones sobre el currículo con enfoque de género se reportan a partir de la década de los ochenta a partir de investigaciones como las de Gilligan (1982), quien demostró que las mujeres aprenden a otros ritmos que difieren al de los hombres, en que las mujeres ponen un mayor énfasis en los problemas de las relaciones y la conexión., trabajos como los de Rennie, 1998 formularon la necesidad de construir planes de estudio desde la perspectiva de que las mujeres en muchos casos aprenden y experimentan el mundo de manera diferente a los hombres, por lo tanto necesitando un cambio o expansión del plan de estudios para acomodar ambos géneros (Zapata y Rocha, 2014).

En el 2003 Sahuquillo-Balbuena plantea la necesidad de plantear innovaciones en el currículo de las ciencias naturales, en particular la línea de estudio sobre género y tanto a la forma de planificar el currículo, como de organizar las clases y, en general, a la forma de enseñar ciencias, así como a los criterios y métodos de evaluación, que vaya mucho más allá de un apoyo específico a las niñas.

En esta misma vía, Rodríguez Lored en 2008, afirmaba que los desarrollos en materia de género han sido de tal magnitud, que ya existen reportes sobre actualizaciones curriculares con enfoque de género, tal es el caso de la importancia de introducir el género en los currículos universitarios

tiene tres aristas: una es que hace visible la participación de las mujeres en las carreras que se estudian, otra es que hace visibles las aportaciones de las mujeres en las mismas y, la última, que construye conocimiento nuevo.

6.3.4 Actitudes hacia la ciencia desde la perspectiva de género

Las actitudes hacia la ciencia es uno de los focos principales en el estudio de incluir la temática de género en el aula. Algunos de los estudios se han realizado entre el alumnado llegando a concluir que el interés y la actitud hacia la ciencia y su aprendizaje decrece notoriamente con los años de escolaridad, pero entre las niñas el caso aumenta reconocen un interés hacia la ciencia, pero no se ven reflejadas a la hora de inclinarse por una carrera científica (Gallego-Torres, 2002; Vásquez y Mannasero, 2008; Valencia, 2016; Cardona *et al.*, 2017).

Trabajos como el de Girls in Science and Technology (GIST), escrito por White en 1986, fue un innovador programa de investigación de acción con el doble objetivo de investigar las actitudes de las niñas hacia la ciencia y causas del bajo rendimiento en ciencia y tecnología, al tiempo que intentaba cambiar la situación.

Otros estudios, por ejemplo, describen situaciones en las que las niñas y los niños son tratados de manera diferente en el aula de ciencias y donde los libros de texto son prejuicios de género. Como consecuencia, las niñas y los niños tienen diferentes actitudes y niveles de participación en ciencia (Brotman y Moore, 2008).

En cuanto a los docentes, un estudio realizado por Moss-Racusin *et al.* en 2012, sostiene que, a pesar de los esfuerzos por reclutar y retener a más mujeres, persiste una marcada disparidad de género dentro de la ciencia académica. Una abundante investigación ha demostrado un sesgo de género en muchos grupos demográficos, pero aún no se ha investigado experimentalmente si los docentes de ciencias exhiben un sesgo en contra de las estudiantes que podría contribuir a la disparidad de género en la ciencia académica. En esta misma línea evidenció Valencia en 2016, en su tesis doctoral manifestó la importancia que tiene el profesorado en la transmisión y reproducción de patrones socioculturales de género, como también en la

promoción de la transformación de estos hacia perspectivas educativas más justas e igualitarias.

Lo que abre un abanico de posibilidades para entender la brecha tan grande entre hombres y mujeres de ciencia.

6.3.5 Equidad de género en la educación científica

La equidad de género ha sido uno de los puntos principales de la línea de investigación en género y ciencia; a este respecto, Bianchini en 2017, en su trabajo "Equity in Science Education", plantea la problemática de la equidad más allá del género, afirmando que el constructo de equidad abarca proporcionar a todos los estudiantes oportunidades adecuadas para aprender ciencia y esperar que todos los estudiantes cumplan con altos estándares académicos. No solo las niñas, sino atender los problemas de equidad de género, de multiculturalidad, de raza, etc. para producir una ciudadanía más grande, científica y tecnológicamente alfabetizada.

Estudios anteriores a este reportaron la discusión teórica y operacional del enfoque de género en el ámbito educativo. Desde esta perspectiva, la búsqueda de indicadores de género para lograr la equidad en el espacio escolar se constituye en un aporte que el equipo de investigadores pretende entregar al sistema educativo nacional (Arcos *et al.*, 2007).

6.3.6 Conclusión

La falta de propuestas de formación docente y actividades para llevar al aula, puede ser una de las causas de la inequidad de género y una de las razones que permita explicar la escasa participación de las mujeres en los ámbitos científicos, que está relacionada con las actitudes negativas y el poco interés de las mujeres hacia la enseñanza y su aprendizaje de la ciencia y la tecnología. Plantearse el problema de género dentro del campo de investigación ciencia, tecnología y sociedad supone revisar la perspectiva sociológica de la ciencia, de manera que se puedan plantear propuestas innovadoras para llevar al aula y así reducir la brecha de género que pese al esfuerzo de más de cinco décadas continúa presente en la educación de todos los niveles y en los desempeños profesionales.

A manera de recapitulación podemos concluir, que los estudios de género, tiene una influencia trascendental en la enseñanza de las ciencias y por ende en la formación docente, que están directamente relacionados con las actitudes y los intereses de las niñas hacia la ciencia y su aprendizaje, que la influencia de los estereotipos es de tal magnitud, que la relación ciencia-genero ha sido reforzada por la historia y la filosofía de la ciencia, quienes contribuyeron a aumentar estas diferencias y a generar roles y atributos específicos a cada género, llevando consigo toda una serie de obstáculos epistemológicos y actitudinales.

6.4 Agradecimientos

Al centro de Investigaciones y Desarrollo Científico de la Universidad Distrital, por el apoyo al proyecto de investigación Reconstrucción histórica del papel de la mujer en la Universidad Distrital Francisco José de Caldas en los últimos 20 años.

6.5 Bibliografía

Acevedo Díaz, J. A. y García-Carmona, A. (2016). «Algo antiguo, algo nuevo, algo prestado». Tendencias sobre la naturaleza de la ciencia en la educación científica. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias* 13(1), 3-19.

Acevedo-Díaz, J. A., García-Carmona, A. y del Mar Aragón, M. (2017). Historia de la ciencia para enseñar naturaleza de la ciencia: una estrategia para la formación inicial del profesorado de ciencia. *Educación Química*, 28(3), 140-146.

Acevedo-Díaz, J. A. y García-Carmona, A. (2016). Rosalind Franklin y la estructura molecular del ADN: Un caso de historia de la ciencia para aprender sobre la naturaleza de la ciencia [Rosalind Franklin and the Molecular Structure of DNA: A case history of science to learn about the nature of science]. *Revista científica*, 2(25), 162-175.

Appelbaum, S. H., Audet, L. y Miller, J.C. (2003). Gender and leadership? Leadership and gender? A journey through the landscape of theories. *Leadership & Organization Development Journal*, 24(1), 43-51.

Arcos, E., Figueroa, V., Miranda, C. y Ramos, C. (2007). Estado del arte y fundamentos para la construcción de indicadores de género en educación. *Estudios pedagógicos (Valdivia)*, 33(2), 121-130. <https://dx.doi.org/10.4067/S0718-07052007000200007>

Annot, Madeleine *et al.* (1999). *Closing the Gender Gap: Postwar Education and Social Change*, Cambridge: Polity Press.

Arriagada, T.; Carrera, D., Muena, C. y Camacho, J., 2011. Representaciones acerca del género en los libros de texto de ciencias naturales. *Revista Tecné Epistemé y Didaxis TED*, Número Extra (1432-1437).

Barclay, K.; Car, R.; Elliot, R. y Hughes, A. (2011). Gender and Generations: women and life cycles, *Women's History Review*, 20(2), 175-188.

Barcos, R., y Pérez, E., 2002. Mujeres Inventoras, en línea <http://inventors.about.com/library/blwomeninventors.htm>

Bianchini J.A. (2017) Equity in Science Education. In: Taber K.S., Akpan B. (eds) Science Education. New Directions in Mathematics and Science Education. Sense Publishers, Rotterdam.

Bianchini, J.A., Cavazos, L.M. y Helms, J.V. (2000). From professional lives to inclusive practice: science teacher and scientists' views of gender and ethnicity in science education. *Journal of Research in Science Teaching*, 37, 511-547.

Camacho González, J. (2013). Concepciones sobre ciencia y género en el profesorado de Química: aproximaciones desde un estudio colectivo de casos. *Ciência & Educação (Bauru)*, 19(2), 323-338. <https://dx.doi.org/10.1590/S1516-73132013000200007>

Cardona-Vásquez, M., Correa-Magaña, M., Sánchez, Y. V. y Ríos-Atehortúa, L. D. (2017). Attitude towards Science in Pre-School through the Implementation of Didactic Sequence in a Museum. *Tecné, Episteme y Didaxis: TED*, (42), 115-124.

Chávez Carapia, J. (2004). *Perspectiva de Género*. Editorial Plaza y Valdés.

Elgar, A. G., 2004. Science textbooks for lower secondary schools in Brunei: issues of gender equity. *International Journal of Science Education*, 26(7), 875-894.

Feldman, M. (1985). *Ada, programas de computador*. Virginia: Editorial Reston.

Fuentes, L.Y. y Holguin, J. (2006). Reformas Educativas y Equidad de Género en Colombia. En *Equidad de Género y Reformas Educativas* (pp.99-150) Santiago, Chile: Hexagrama.

Gallego-Torres (2018). Reseña. Enseñar y aprender sobre naturaleza de la ciencia mediante el análisis de controversias de historia. *Revista científica*, 2(32), 207-210.

Gallego-Torres, A. P. y Camacho-González, J. P. (2015). Género, Ciencia e Ingeniería: Un Problema Sociocultural [Gender, Science and Engineering: A Sociocultural Problem]. *Revista científica*, 1(21), 5-6.

Gallego-Torres, P., y Torres, I., 2009. Las mujeres en la ciencia y la tecnología, *Revista Tecne, Episteme y Didaxis, Numero extraordinario*, pp. 447-452.

Gallego-Torres *et al.*, 2013, Género, Ciencia e Ingeniería, Eleventh LACCEI Latin American and Caribbean Conference for Engineering and Technology (LACCEI'2013) "Innovation in Engineering, Technology and Education for Competitiveness and Prosperity" August 14 - 16, 2013 Cancún, México.

Gilligan, C. (1982). *In a different voice*. Cambridge, MA: Harvard University Press.

Gonzales, M., y Pérez, E. (2002). Ciencia, tecnología y género, *Revista iberoamericana de ciencia, tecnología e innovación*, 2. Disponible en: <http://www.oei.es/revistactsi/numero2/varios2.htm>

González García, M. (2001). ¿Hacia dónde dirigir la mirada? La reflexividad desde la perspectiva de género En: Innovación tecnológica, innovación social y estudios CTS en Cuba. En: *Desafíos y tensiones actuales en ciencia, tecnología y sociedad* (pp. 289-308). Biblioteca Nueva.

González García, M. y Sedeño, E. P. (2002). Ciencia, Tecnología y Género. *CTS+ I: Revista Iberoamericana de Ciencia, Tecnología, Sociedad e Innovación*, 2(5).

González García, M.I. (1998b), "La cuestión de las controversias en el feminismo", ponencia presentada en el Seminario Internacional Complutense "El papel de las controversias en ciencia", Madrid, abril 1998.

Guerrero, E., Provoste, P. y Valdés, A. (2006). Acceso a la educación y socialización de género en un contexto de reformas educativas. En *Equidad de Género y Reformas Educativas* (pp. 99-150) Santiago, Chile: Hexagrama.

Harding, J. (ed.) (1986). *Perspectives on Gender and Science*, Londres: The Falmer Press.

Jeffery, H and Lisa, H. (2011). Understanding Gender: Some Implications for Science and Technology, *Interdisciplinary science review*, 36(2), 103-113. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1179/030801811X13013181961301>

Jones, M. G., Howe, A. y Rua, M. J. (2000). Gender differences in students' experiences, interests, and attitudes toward science and scientists. *Science education*, 84(2), 180-192.

Keller, E. F. (2004). What impact, if any, has feminism had on science? *Journal of biosciences*, 29(1), 7-13.

Keller, E.F. (1985). Reflections on Gender and Science. Yale University Press (trad. cast. Reflexiones sobre género y ciencia. Valencia: Alfons el Magnànim, 1991).

Matias, M.L. y L. Skidmore Dix (eds.) (1992). *Science and engineering programs: On target for women?* Washington, DC: National Academy Press.

Miqueo, C., Barral Morán, M. J., Delgado Echeverría, I., Fernández Turrado, T. y Magallón Portolés, C. (2003). Del análisis crítico a la autoridad femenina en la ciencia. *Feminismo/s*, pp. 195-216.

Moss-Racusin, C. A., Dovidio, J. F., Brescoll, V. L., Graham, M. J. y Handelsman, J. (2012). Science faculty's subtle gender biases favor male students. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 109(41), 16474-16479.

Nuño- Angós, T. (2000). Género y ciencia. *Revista de Psicodidáctica*, 203, 184-194.

Pujalte, A., Bonan, L., Porro, S. y Adúriz-Bravo, A. (2014). Las imágenes inadecuadas de ciencia y de científico como foco de la naturaleza de la ciencia: estado del arte y cuestiones pendientes. *Ciencia & Educação*, 20(3), 535-548.

Rayner-Canhan, M. y Rayner-Canhan, G. (1998). *Women in Chemistry*. United States: Chemical Heritage Foundation.

Rennie, L.J. (1998). Gender equity: Toward clarification and a research direction for science teacher education. *Journal of Research in Science Teaching*, 35, 951-961.

Rodríguez Loredo, H. E. (2014). El enfoque de género en la construcción de conocimiento científico. *Revista UNAM-Revista Digital Universitaria*. En línea: <https://www.oei.es/historico/noticias/spip.php?article3241>.

Romero, B. y Villena, A. (2018). Trabajo social y estudios de género. Vindicando un espacio científico propio. *Revista Estudios Feministas*, 26(2). Recuperado de <https://periodicos.ufsc.br/index.php/ref/article/view/51263/37134>

Sahuquillo-Balbuena, E., Jiménez -Aleixandre, M., & Domingo- Ouvrard, F. (1993). Un currículo de Ciencias equilibrado desde la perspectiva de género. *Enseñanza de las ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas*, 11(1), 51-58.

Sanz González, V. (2005). Una introducción a los estudios sobre ciencia y género. *Argumentos de Razón Técnica*, (8), 43-66.

Scantlebury, K. (2012). Still part of the conversation: Gender issues in Science Education. En: Fraser, B.J. et al. (eds). *Second International Handbook of Science Education*. (pp. 499-512). Dordrecht, The Netherlands: Springer.

Sinnes, A. (2006). Three approaches to gender equity in science education. *Nordic Studies in Science Education NorDiNa*, 20(3), 72-83.

Solís-Espallargas, C. (2018). Inclusión del enfoque de género en la enseñanza de las ciencias mediante el estudio de biografías de mujeres científicas. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 15(3), 3602.

Solsona, N. (2007). Las mujeres en la historia de la ciencia. En: Quintanilla y Adúriz-Bravo (Ed). *Enseñar ciencias en el nuevo milenio. Retos y desafíos* (pp.37-63). Santiago: Pontificia Universidad Católica de Chile.

Stadler, H. (2007). (De-)Constructing gender in science education. *Cultural Studies of Science Education*, 2, 968-979.

Suleiman, B. (2004). Gender Enrolment in Mathematics Oriented Disciplines: A motivating factor for national reconstruction. *Confluence Journal of Education*, 114-117.

Turkenich, M. y Flores, P. (2013). Principales aportes de la perspectiva de género para el estudio social y reflexivo de la ciencia, la tecnología y la innovación. *Cuadernos del Centro de Estudios en Diseño y Comunicación. Ensayos*, (43), 85-99.

Valencia Ávila, J. R. (2016). Análisis de las actitudes hacia la igualdad de género y prácticas coeducativas del profesorado de preparatoria, básica

elemental y básica media de instituciones fiscales de la parroquia Atacames (Doctoral Dissertation, Ecuador-PUCESE-Escuela Ciencias de la Educación–Educación Básica).

Vásquez, A. y Mannasero, M. A. (2008). El declive de las actitudes hacia las ciencias de los estudiantes: Un indicador inquietante para la educación científica. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 5(3), 274-292.

Vázquez, A. y Manassero, M. (2003). Los estudios de género y la enseñanza de las ciencias. *Revista de educación*, (330), 251-280.

Vázquez-Cupeiro, S. (2015). Ciencia, estereotipos y género: una revisión de los marcos explicativos. *Convergencia*, 22(68), 177-202.

Watts, R. (2007). Whose Knowledge? Gender, Education, Science and History. *History of Education*, 36(3), 283-302.

Whyte, J. (2017). *Girls into science and technology: The story of a project*. Routledge.

Zapata-Cardona, L. y Rocha-Salamanca, P. (2014). Equidad de género en la clase de Matemáticas-Gender equity in the mathematics classroom. *Revista científica*, 2(19), 168-178.

7. La formación de profesores de ingeniería a partir de la educación en energías renovables*

*Vladimir Ballesteros Ballesteros*³⁶

*Jorge Enrique Salamanca Céspedes*³⁷

*Adriana Patricia Gallego Torres*³⁸

7.1 Introducción

La energía renovable es una apuesta mundial a las preocupaciones de hace aproximadamente dos décadas a los graves problemas del uso y el abuso de los combustibles de origen fósil y las consecuencias ambientales que esto ha traído al planeta. Despiertan interés los gobiernos motivados por los recientes desarrollos tecnológicos y la creciente preocupación por la sostenibilidad y el impacto ambiental del uso de combustible convencional, la perspectiva de producir energía limpia y sostenible en cantidades sustanciales a partir de fuentes de energía renovables (Boyle, 2004). Una década después, las Naciones Unidas proponen, en los Objetivos del Desarrollo Sostenible en la agenda 2030, en lo que se refiere a las energías renovables, el Objetivo 7 hace referencia a garantizar el acceso a una energía asequible, segura, sostenible y moderna para todos. Dentro de sus premisas, sostiene que “la energía es central para casi todos los grandes desafíos y oportunidades a los que hace frente el mundo actualmente. Ya sea para el empleo, la seguridad, el cambio climático, la producción de alimentos o para aumentar los ingresos. El acceso universal a la energía es esencial”³⁹.

36 Fundación Universitaria los Libertadores, Bogotá – Colombia. vbballesteros@gmail.com

37 Doctorado Interinstitucional en Educación, Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Bogotá – Colombia. jesalamancac@gmail.com

38 Doctorado Interinstitucional en Educación, Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Bogotá – Colombia. patriciagallegot@gmail.com

39 <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/energy/>

* Tesis Doctoral “La educación en energías renovables no convencionales en la formación de ingenieros electrónicos”

Todo esto sumado a lo que se ha denominado la nueva era energética producto del surgimiento del “trilema de la energía” como concepto estructurante y complejo que aborda en conjunción tres perspectivas: la seguridad energética, la mitigación del cambio climático y acceso/equidad energética para garantizar la sostenibilidad a largo plazo de los sistemas energéticos mundiales (Watson *et al.*, 2012; Goldthau, 2012; Cloke, Mohr y Brown, 2017).

Abordar el trilema supone necesariamente, la puesta en marcha de propuestas en educación en energías renovables que permitan a los ciudadanos comprender y hacer un uso adecuado de las energías renovables. En este sentido, se hace necesario no solo comprender los escenarios en los cuales se debe implementar, sino que además pretendemos abrir una puerta hacia la implementación de ejes transversales en la formación de ingenieros en Colombia (Jaber *et al.*, 2017; Ballesteros, 2019).

7.2 La educación en energías renovables

La educación en energías renovables juega un papel vital en el desarrollo científico y tecnológico que impacta de manera inminente en la sociedad. Formar a los ingenieros y a los docentes de ciencias supone un poderoso agente de cambio social en las prácticas energéticas habituales de modo que se estructuren, materialicen y naturalicen en los ciudadanos hacia la sustentabilidad del planeta. Por lo tanto, la educación en energías renovables debe llegar a constituir un mecanismo a través del cual se configure el futuro energético (Jaber *et al.*, 2017).

La educación en energías renovables fue establecida por Kandpal en 2014 como la problematización de las cuestiones relacionadas con los recursos y tecnologías de energía renovable, como área de conocimiento independiente que desde nuestra perspectiva se ubica en las relaciones ciencia, tecnología y sociedad. Esto supone agregar al campo de conocimiento, la formación docente y la formación ciudadana (Kandpal y Broman, 2014).

Entender la educación en energías renovables desde esta postura teórica nos remite a plantear escenarios de formación que lleven a que las personas comprendan el funcionamiento de diversos sistemas y tecnologías energéticas, a que los futuros ingenieros puedan diseñar, construir e implementar soluciones tecnológicas para aprovechar las diversas fuentes de energía, que

valoren las consecuencias de las políticas energéticas, que puedan sugerir soluciones alternativas a la crisis energética y que puedan hacer evolucionar las soluciones globales en el marco de la sostenibilidad (Kandpal y Broman, 2014; Ocetkiewicz, Tomaszewska y Mróz, 2017).

La Educación en Energía Renovable dentro de sus propósitos contempla el desarrollo sostenible, la innovación, las energías renovables, la mitigación del cambio climático, la formación inicial y continua de docentes, la formación científica ciudadana y la multifacética comprensión de los problemas que enfrenta el planeta y su compromiso público (Jennigs, 2009; Jasanoff y Kim, 2009; Acikgoz, 2011; Kandpal y Broman, 2014; Castro, 2015; Gallego, Salamanca y Ballesteros, 2017; Lena, 2017; Cloke, Mohr y Brown, 2017; Colak *et al.*, 2018; Ballesteros y Gallego, 2019a).

7.3 La educación en energías renovables desde la comprensión pública de la ciencia hacia el compromiso público ascendente

La necesidad de realizar una formación científica ciudadana, en particular con respecto a las energías renovables, es objeto de estudio de investigaciones en el marco de la comprensión pública de la ciencia.

La comprensión pública de las ciencias (PUS, Public Understanding Science) fue propuesta desarrollada por la Royal Society de Londres a mediados de la década de los ochenta, que en principio tenía como objetivo desarrollar una estrategia para que los ciudadanos admiraran, apreciaran y apoyaran la ciencia. Dicho objetivo luego se amplió, dándoles a los ciudadanos un rol más activo, introduciendo las nociones de diálogo y participación en aspectos del desarrollo o regulación de políticas o tecnología (Daza, Arboleda, Rivera, Bucheli y Alzate, 2006). Esto llegó a denominarse compromiso público ascendente de la ciencia, que hace referencia a la problematización de las dimensiones sociales, políticas y culturales del conocimiento científico y la consideración adecuada de las opiniones y valores públicos durante las etapas iniciales de un desarrollo tecnológico (Anderson, Allan, Petersen y Wilkinson, 2009; Rempel, Bernett y Durrant, 2018; Ballesteros y Gallego, 2019).

La forma en que se consolidaron las propuestas de comprensión pública de la ciencia se basó en los resultados de grandes encuestas sobre comprensión

de los ciudadanos en ciencia y tecnología desarrolladas en el contexto europeo, logrando como resultado mostrar que más del 90% de los ciudadanos europeos eran analfabetos científicos, haciendo ver que los responsables de los problemas sociocientíficos era la ciudadanía y no la ciencia, y las instituciones que la desarrollaban. Dicho resultado generó resistencias y ha motivado recientemente que la comprensión pública de la ciencia busque conocer cómo vive la gente, de qué manera usa la ciencia a nivel personal y social, el desarrollo de otras perspectivas que han permitido considerar la ignorancia como una construcción social positiva, más allá de la idea de la ignorancia como vacío, donde se ha confirmado la relatividad de la verdad científica, que para que la información científica pueda ser útil debe adaptarse al contexto que se va a usar (Membiela, 2007).

En el caso de las energías renovables, se consolidó desde los planteamientos de Jassanoff y Kim en 2009, a través de los que ellos denominaron “imaginarios sociotécnicos”, y los estudios de Howe en 2015 y los de Olson-Hazboun, Howe, Leiserowitz en 2018, donde se estudió la comprensión pública sobre el cambio climático, la política energética y las energías renovables.

Entender la comprensión de la ciencia y la tecnología supone acudir a la participación pública en las principales decisiones políticas que afectan la vida de los ciudadanos y la participación de los usuarios en el diseño de productos de consumo y procesos de innovación tecnológica, entendidos como procesos sociotécnicos dentro de un sistema sociotécnico más amplio, donde la tecnología no solo determina las prácticas culturales y sociales, sino que está determinada por ellas (Geels, 2005), se ven como un medio para obtener cierto grado de legitimidad democrática y conocimiento práctico de las preferencias del usuario final.

Sin embargo, existen dificultades para lograr un compromiso público “ascendente”, en particular donde las tecnologías emergentes implican consecuencias potencialmente profundas y transformadoras para el estilo de vida de las personas (Flynn, Bellaby y Ricci, 2009). Así, en las primeras etapas de investigación y desarrollo, sin olvidar la evaluación de riesgos (Slovic, 1987), los consumidores y los ciudadanos pueden estar inhabilitados, o no deseados, para expresar opiniones contundentes sobre las distintas aristas que presentan las tecnologías emergentes. Además, los debates sobre tecnologías están necesariamente cargados de valores (ya que en última instancia comprenden elecciones entre conflictos objetivos y propósitos), por lo que son impugnados entre diferentes grupos sociales e intereses. Esto inevitablemente

afecta la naturaleza de cualquier ejercicio de compromiso y la búsqueda de un consenso “público” (Flynn *et al.*, 2009). Por otra parte, otro factor que afecta la participación de la ciudadanía en los procesos de innovación tecnológica es, sin lugar a duda, la amplificación social del riesgo que resulta desconcertante, a la luz del paradigma de análisis de riesgos, porque algunos riesgos relativamente menores, según lo evaluado por expertos técnicos, a menudo provocan fuertes preocupaciones del público y dan lugar a impactos sustanciales adversos sobre la sociedad y la economía. Por esta razón, resulta imperativo comprender ampliamente el fenómeno de participación pública en los procesos de innovación tecnológica energética, para poder anticipar impactos potenciales de los proyectos y tecnologías, para establecer prioridades en la gestión de riesgos y para establecer normas ambientales y de salud (Kasperson *et al.*, 1988).

El diseño de políticas públicas, con espíritu de fomento científico y tecnológico, está centrado en la búsqueda de nuevos marcos y métodos para fomentar el compromiso de los interesados y el público en general (Stirling, 2008). Por esta razón, aparecen diversas manifestaciones, en forma de movimientos, que reclaman políticas públicas más discursivas (Pack y Dilulio, 1992), *pluralistas* (Bohman, 1995), *participativas* (Pellizzoni, 2001), *inclusivas* (Brown, 2002), *deliberativas* (Fishkin, 2004) y *reflexivas y en procura del desarrollo sostenible* (Voß, Bauknecht y Kemp, 2006). Desde la atención inicial a proyectos y programas individuales, principalmente en el sector rural, según los aportes investigativos de R. Chambers (Uphoff, 1987) y avanzando hacia procesos más amplios en planificación ambiental, regulación (Owens, 2000) y la gobernanza del “riesgo tecnológico” (Webler y Tuler, 2000), el resultado es la proliferación de una gran variedad de instituciones, procesos y herramientas para el diseño y elaboración de políticas. A partir de aquí, el nuevo escenario político parece abrirse a medida que se incorporan los procesos “ascendentes” de producción e innovación de conocimiento con nuevos discursos participativos y deliberativos (Sauvé, 2014; Wilsdon y Willis, 2004).

Una de las metas de involucrar a los ciudadanos en la toma de decisiones en cuestiones energéticas, desde la educación en energías renovables, hace referencia a la construcción de una epistemología propia que permita, además de la evaluación en términos materiales y a corto plazo de la tecnología, la educación científica de los ciudadanos y la formación docente (Castro, 2015; Castro y Gallego, 2015; Ballesteros, Gallego y Salamanca, 2018; Olson-Hazboun, Howe y Leiserowitz, 2018).

Asociado al concepto de educación en energías renovables y el compromiso público con la ciencia, queremos extrapolarlo hacia la epistemología ciudadana propuesto por Jasanoff en 2005, y el concepto de epistemología cívica propuesto por López-Cerezo en 2008, busca saber de qué manera el conocimiento se percibe como confiable en el contexto político, busca conceptualizar la credibilidad de la ciencia en la vida política contemporánea como un fenómeno que explica y que no se da por sentado, alejándose de las suposiciones a priori de lo que deben saber los ciudadanos y ciudadanas sobre ciencia y tecnología. Además, ofrece un medio de llegar a la diversidad intercultural con relación a las respuestas públicas sobre la ciencia y la tecnología.

Asimismo, hace referencia a las prácticas institucionalizadas por medio de las cuales los ciudadanos y ciudadanas de una determinada sociedad ponen a prueba el conocimiento que se despliega en afirmaciones y que se usan para la toma de decisiones colectivas. Bajo el presupuesto de que la mayoría de culturas establecen unas costumbres que dan sentido a sus interacciones sociales, la autora plantea que las culturas modernas permeadas por lo científico y lo tecnológico han desarrollado formas de conocimiento tácito mediante el cual evalúa la racionalidad y solidez de las cuestiones que buscan ordenar sus vidas, manifestaciones o argumentos que aunque no coincidan con los discursos científicos, no pueden ser descartados bajo el argumento que son ilegítimos o irracionales (Jasanoff, 2005; López-Cerezo, 2008, Gallego y Montenegro, 2013).

7.4 Modelos de formación en energías renovables

La educación en energías renovables se fundamenta en los estudios científicos en educación, la educación ambiental y los estudios sociales de la ciencia y la tecnología. Los objetos de estudio que componen la educación en energías renovables radican su importancia a partir de la necesidad de lograr una alfabetización energética, que está relacionada no solo con la naturaleza del conocimiento científico. En este sentido, algunos autores han relacionado la educación en energías renovables con los fines de la sostenibilidad, esto debido a que las perspectivas hacia las que apunta están relacionadas con el desarrollo económico, las condiciones ambientales que resultan de la actividad humana, la educación, los estudios culturales y el comercio justo (Rodríguez, Hernández y Banda, 2010). El estudio de las

fuentes de energías renovables y no renovables su potencial, las tecnologías existentes, sus implicaciones económicas, las tecnologías energéticas, sus características socioculturales y los aspectos ambientales desde las relaciones ciencia, tecnología y sociedad, supone desarrollar un conocimiento sobre la importancia de lograr un futuro sostenible (Kandpal y Garg, 1999; Jennings, 2009; Gallego, Salamanca y Ballesterero, 2017).

Desde la epistemología y la construcción del conocimiento científico, las estrategias que utilizan los ciudadanos para aceptar o consolidar las creencias relacionadas con las energías renovables depende de dos grandes categorías, la primera referida a lo empírico-cognitivo, constituida por cuatro criterios: el primero, llamado apoyo por la propia experiencia, se refiere a la adopción de una actitud empirista radical, ya que no se acepta una creencia que no esté respaldada por una experiencia personal. El segundo criterio, llamado crédito institucional, hace referencia a que la aceptación de una creencia está medida por el prestigio de la institución que emite la información o el medio de comunicación que la transmite. El tercer criterio, denominado respaldo por consenso, hace referencia a que se acepta una creencia bajo el presupuesto de que sobre esta exista un amplio y diverso respaldo social. El cuarto criterio, propuesto como resistencia crítica, hace referencia a la aceptación o consolidación de una creencia que, a pesar de haber sido ampliamente criticada por diversos agentes sociales, permanece o sobrevive a dicha críticas.

7.5 Formación de profesores en educación en energías renovables

La educación en energías renovables es una emergencia resultado del cruce de varias disciplinas y campos de conocimiento como son la educación ambiental y la educación en ciencia, tecnología y sociedad, y la educación para la sostenibilidad y la sustentabilidad, porque comparten finalidades como la de educar ciudadanos y coinciden en la necesidad de la confluencias de distintas disciplinas y contenidos relacionados con la necesidad de estudiar, formar e innovar en energías renovables, sin embargo, sin desconocerlas, se ubica en una posición de trascendencia, porque se ha hecho visible que cada una por sí sola no ha alcanzado para formar a los ciudadanos en la comprensión y transformación de la trilogía energética; por lo tanto, la educación en energías renovables se configura como un campo de

conocimiento que ha logrado un estatus epistemológico, validado desde la historia, la filosofía y la educación en ciencia y tecnología para comprender y transformar la realidad energética y el camino hacia la sustentabilidad del planeta (Salamanca, 2017).

Al configurarse como una construcción transdisciplinar, que además de reconocer y trascender otras formas de educar en disciplinas o campos de conocimiento, permite la dinamización de la circulación de conceptos y valores entre las disciplinas, como el caso de conceptos como el de energía o solidaridad, garantizando la complejidad de la realidad energética, donde los problemas energéticos no están completamente resueltos ni puntos de partida totalmente ciertos, donde el conocimiento es provisional y está sujeto a ser ajustado (Gámez *et al.*, 2018).

Lo que supone necesariamente aunar esfuerzo por proponer programas de formación para ingenieros desde la transversalización de esta, acudiendo a la importancia del compromiso público de la ciencia y la necesidad de formar futuros profesionales e investigadores que desarrollen nuevos sistemas de generación de dispositivos de energías limpias y sostenibles (Castro y Gallego, 2015; Ballesteros, Gallego y Salamanca, 2018; Olson-Hazboun, Howe y Leiserowitz, 2018).

Bibliografía

Abdelhamid, L. y Bahmed, L. (2012). Impact of renewable energies – environmental and economic aspects. *Management of Environmental Quality: An International Journal*, 23(1), 6-22. <https://doi.org/10.1108/14777831211191566>

Acikgoz, C. (2011). Educación sobre energía renovable en Turquía. *Energía renovable*, 36(2), 608-611.

Anderson, A., Allan, S., Petersen, A. y Wilkinson, C. (2009). Nanoethics: the role of news media in shaping debate. In *Handbook of Research on Technoethics* (pp. 373–390). Hershey: IGI Global. <https://doi.org/10.4018/978-1-60566-022-6.ch025>

Ballesteros-Ballesteros, V.A. (2019). La educación en energías renovables como alternativa de promoción del compromiso público ascendente entre los Indígenas Wayuu en la Alta Guajira. *Revista Científica*, 388-397. <https://doi.org/10.14483/23448350.14773>

Ballesteros-Ballesteros, V. y Gallego-Torres, A.P. (2019a). La educación en energías renovables desde las controversias socio-científicas en la educación en ciencias. *Revista Científica*, 2(35), 192-200. <https://doi.org/10.14483/23448350.14869>

Ballesteros-Ballesteros, V.A. y Gallego-Torres, A.P. (2019). Modelo de educación en energías renovables desde el compromiso público y la actitud energética. *Revista Facultad de Ingeniería*, 28(52), 29-43.

Benhabib, S. (2002). *The Claims of Culture: Equality and Diversity in the Global Era* (1st. ed.). Princeton: Princeton University Press.

Bingham, L. B., Nabatchi, T. y O’Leary, R. (2005). The new governance: Practices and processes for stakeholder and citizen participation in the work of government. *Public Administration Review*, 65(5), 547-558. <https://doi.org/10.1111/j.1540-6210.2005.00482.x>

Bohman, J. (1995). Public Reason and Cultural Pluralism: Political Liberalism and the Problem of Moral Conflict. *Political Theory*, 23(2), 253-279.

Brown, W. A. (2002). Inclusive Governance Practices in Nonprofit Organizations and Implications for Practice. *Nonprofit Management and Leadership*, 12(4), 369-385. Recuperado de: <https://doi.org/10.1002/nml.12404>

Castro-Montaña, J. E. (2015). Aproximación a las concepciones de los licenciados en física en formación inicial de las universidades públicas de Bogotá sobre la situación energética actual. Approach to the conceptions of graduates in physics in initial formation of the public universities of Bogotá on the current energy situation. *Revista científica*, 2(22), 57-74.

Castro-Montaña, J. E. y Gallego-Torres, A. P. (2015). La educación energética, una prioridad para el milenio-Energy education a priority for the millennium. *Revista Científica*, 1(21), 97-110.

Cook, F. L., Delli Carpini, M. y Jacobs, L. R. (2007). *Who deliberates? Discursive participation in America*. (S. Rosenberg, Ed.), *Can the People Decide? Theory and Empirical Research on Democratic Deliberation*. New York: Northwestern University.

Cloke, J., Mohr, A. y Brown, E. (2017). Imagining renewable energy: Towards a Social Energy Systems approach to community renewable energy projects in the Global South. *Energy Research & Social Science*, 31, 263-272.

Daza, S., Arboleda, T., Rivera, Á., Bucheli, V. y Alzate, J.F. (2006). Evaluación de las actividades de comunicación pública de la ciencia y la tecnología en el sistema nacional de ciencia y tecnología colombiano 1990-2004. Bogotá: Observatorio Colombiano de Ciencia y Tecnología (OCyT).

De Brelàz, G. y Alves, M. A. (2011). Deliberative democracy and advocacy: Lessons from a comparative perspective. *Canadian Journal of Administrative Sciences*, 28(2), 202-216. <https://doi.org/10.1002/cjas.206>

Escobar, O. (2015). Scripting Deliberative Policy-Making: Dramaturgic Policy Analysis and Engagement Know-How. *Journal of Comparative Policy Analysis: Research and Practice*, 17(3), 269-285. <https://doi.org/10.1080/13876988.2014.946663>

Feldman, M. S. y Khademian, A. M. (2001). Principles for public management practice: From dichotomies to interdependence. *Governance*, 14(3), 339-361. <https://doi.org/10.1111/0952-1895.00164>

Fischer, F. (2000). *Citizens, Experts and the Environment: The Politics of Local Knowledge* (1st. ed.). Durham and London: Duke University Press.

Fischer, F. (2003). *Reframing Public Policy: Discursive Politics and Deliberative Practices* (1st. ed.). Oxford: Oxford University Press. Recuperado de: <https://doi.org/10.1093/019924264X.001.0001>

Fishkin, J. (2004). Deliberative Democracy in America: A Proposal for a Popular Branch of Government by Ethan J. Leib. *Political Science Quarterly*, 119(3), 544-545. Recuperado de: <https://doi.org/10.2307/20202410>

Flynn, R., Bellaby, P. y Ricci, M. (2009). The limits of “upstream” public engagement: citizens’ panels and deliberation over hydrogen energy technologies. *University of Salford*, 2617, 01-22.

Gallego-Torres, P. y Montenegro, C. (2013). Epistemología cívica. *La investigación en ciencias sociales: discusiones epistemológicas*, 207-220.

Gallego-Torres, P., Salamanca, J.E., Ballesteros-Ballesteros, V. (2017). Educación en energías renovables. Una línea de investigación necesaria. *Education*, 34, 435-439.

Gámez et al. (2018). Mejora de la calidad de la energía con sistemas fotovoltaicos en las zonas rurales. *Revista científica*, 3(33).

Geels, F. W. (2005). Processes and patterns in transitions and system innovations: Refining the co-evolutionary multi-level perspective. *Technological Forecasting and Social Change*, 72, 681-696. Recuperado de: <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2004.08.014>

Grove-White, R., Macnaghten, P., Mayer, S. y Wynne, B. (1997). *Uncertain world, Genetically Modified Organisms, Food and Public Attitudes in Britain* (1st ed). Lancaster, England: Centre for the Study of Environmental Change, Lancaster University. Recuperado de: <http://hdl.handle.net/10822/546046>

Jasanoff, S. y Kim, S. (2009). Containing the atom: sociotechnical imaginaries and nuclear power in the United States and South Korea. *Minerva*, 47(2), pp. 119-146.

Jennings, P. (2009). New directions in renewable energy education. *Renewable Energy*, 34(2), 435-439.

Kandpal, T. C., y Broman, L. (2014). Renewable energy education: A global status review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 34, 300-324. Recuperado de: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2014.02.039>

Kandpal, T.C. y Garg, H.P. (1999). Energy education. *Applied Energy*, 64(1-4), 71-78. Recuperado de: [https://doi.org/10.1016/S0306-2619\(99\)00076-8](https://doi.org/10.1016/S0306-2619(99)00076-8)

Kasperson, R.E., Renn, O., Slovic, P., Brown, H. S., Emel, J., Goble, R., Ratick, S. (1988). The Social Amplification of Risk: A Conceptual Framework. *Risk Analysis*, 8(2), 177-187. Recuperado de: <https://doi.org/10.1111/j.1539-6924.1988.tb01168.x>

Lubenow, J. A. (2012). Public Sphere and Deliberative Democracy in Jürgen Habermas: Theoretical Model and Critical Discourses. *American Journal of Sociological Research*, 2(4), 58-71. Recuperado de: <https://doi.org/10.5923/j.sociology.20120204.02>

Membiola, P. (2007). Sobre la deseable relación entre comprensión pública de la ciencia y alfabetización científica. *TEA(22)*, 107-112.

Ocetkiewicz, I., Tomaszewska, B. y Mróz, A. (2017). Renewable energy in education for sustainable development. The Polish experience. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 80, 92-97.

Owens, S. (2000). "Engaging the Public": Information and Deliberation in Environmental Policy. *Environment and Planning A: Economy and Space*, 32(7), 1141-1148. Recuperado de: <https://doi.org/10.1068/a3330>

Pack, J. R., y Dilulio, J. J. (1992). Discursive democracy: Politics, policy science, and political science, by John S. Dryzek. *Journal of Policy Analysis and Management*, 11(3), 497-505. Recuperado de: <https://doi.org/10.1002/pam.4050110313>

Panwar, N. L., Kaushik, S. C. y Kothari, S. (2011). Role of renewable energy sources in environmental protection: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 15(3), 1513-1524. Recuperado de: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2010.11.037>

Pellizzoni, L. (2001). The myth of the best argument: power, deliberation and reason. *The British Journal of Sociology*, 52(1), 59-86. Recuperado de: <https://doi.org/10.1080/00071310020023037>

Rempel, E., Durrant, H. y Barnett, J. (2018). The politics of administrative data: A case study of school census data for children with SEND. *International Journal of Population Data Science*, 3(2).

Renn, O. (2004). Perception of risks. *Toxicology Letters*, 149(1-3), 405-413. Recuperado de: <https://doi.org/10.1016/j.toxlet.2003.12.051>

Renn, O., Reichel, A. y Bauer, J. (2014). *Civil Society for Sustainability: A Guidebook for Connecting Science and Society* (2nd ed.). Bremen: Europäischer Hochschulverlag GmbH y Co KG.

Rodríguez, I., Hernández, D. y Banda, H. (2017). Importancia del desarrollo sustentable en la Educación en México. *Red Internacional de Investigadores en Competitividad*, 4(1). Recuperado de: <https://www.riico.net/index.php/riico/article/view/704>

Rogers-Hayden, T., Mohr, A. y Pidgeon, N. (2007). Introduction: Engaging with nanotechnologies, engaging differently? *Nanoethics*, 1(2), 123-130. <https://doi.org/10.1007/s11569-007-0013-8>

Rosenberg, S. W. (2007). *Deliberation, Participation and Democracy*. (Palgrave MacMillan, Ed.) (1st. ed.). New York.

Salamanca-Avila, S. (2017). Propuesta de diseño de un sistema de energía solar fotovoltaica. Caso de aplicación en la ciudad de Bogotá. *Revista científica*, 3(30), 263-277.

Shawn K. Olson-Hazboun, Howe, P., Leiserowitz, A. (2018). The influence of extractive activities on public support for renewable energy policy, *Energy Policy*, 123, pp. 117-126

Saltelli, A. y Funtowicz, S. (2017). What is science's crisis really about? *Futures*, 91, 5-11. Recuperado de: <https://doi.org/10.1016/J.FUTURES.2017.05.010>

Sauvé, L. (2014). Educación ambiental y ecociudadanía. Dimensiones claves de un proyecto político-pedagógico. Environmental education and eco-citizenship. Key dimensions of a pedagogical-political project. *Revista científica*, 1(18), 12-23.

Slovic, P. (1987). Perception of Risk. *Science*, 236(4799), 280-285. Recuperado de: <https://doi.org/10.1126/science.3563507>

Stirling, A. (2008). "Opening Up" and "Closing Down": Power, Participation and Pluralism in the Social Appraisal of Technology. *Science, Technology and Human Values*, 33(2), 262-294. Recuperado de: <https://doi.org/10.1177/0162243907311265>

Uphoff, N. (1987). Rural Development: Putting the Last First. Rober Shawn K. Olson-Hazboun, Peter D. Howe, Anthony Leiserowitz, (2018) The influence of extractive activities on public support for renewable energy policy, *Energy Policy*, Volume 123, 2018, Pages 117-126t Chambers. *Economic Development and Cultural Change*, 35(3), 665-670. Recuperado de: <https://doi.org/10.1086/451614>

Varun, S.K. Singal (2007). Review of augmentation of energy needs using renewable energy sources in India, *Renew. Sustain. Energy Rev.* 11(7), 1607e1615. Recuperado de: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2005.11.002>.

Voß, J.-P., Bauknecht, D. y Kemp, R. (2006). *Reflexive Governance for Sustainable Development*. United Kingdom: Edward Elgar Publishing. <https://doi.org/10.4337/9781847200266>

Watson, J. et al. (2012). *What are the major barriers to increased use of modern energy services among the world's poorest people, and are interventions to overcome these effective?* Project Report. Collaboration for Environmental Evidence, Bangor.

Webler, T. y Tuler, S. (2000). Fairness and Competence in Citizen Participation: Theoretical Reflections from a Case Study. *Administration y Society*, 32(5), 566-595. Recuperado de: <https://doi.org/10.1177/00953990022019588>

8. Diálogos entre distintas formas de conocimiento en el aula de ciencias: reflexiones teóricas y metodológicas *

Diego F. Valderrama-Pérez⁴⁰

Charbel N. El-Hani⁴¹

Adela Molina Andrade⁴²

8.1 Introducción

En la condición multiétnica y multicultural de los países latinoamericanos⁴³, se muestra apremiante el desarrollo de una educación científica intercultural, que coloque en diálogo distintas formas de conocimiento⁴⁴, y reconozca posibles relaciones entre ellas. Esta situación tiene que ver tanto con procesos de reconocimiento y valoración de la diversidad cultural, y conservación de los conocimientos locales y tradicionales, como con el establecimiento de vías para que las distintas poblaciones y comunidades tengan acceso a

40 Universidade Federal da Bahia y Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia em Estudos Interdisciplinares e Transdisciplinares em Ecologia e Evolução (INCT IN-TREE) diego.valderrama.bio@gmail.com

41 Universidade Federal da Bahia y Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia em Estudos Interdisciplinares e Transdisciplinares em Ecologia e Evolução (INCT IN-TREE) charbel.elhani@gmail.com

42 Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Doctorado Interinstitucional en Educación. INTERCITEC.mara.gracia@gmail.com. amolina@udistrital.edu.co

43 Esta diversidad étnica y cultural fue, por ejemplo, reconocida en la Constitución Política de Colombia en el año de 1991.

44 Usamos los términos “formas de conocimientos” y “modos de conocer” para referirnos a conjuntos de argumentos sobre el mundo, contruidos y legitimados a partir de criterios epistémicos particulares, en contextos socioculturales específicos y/o diferenciados (El-Hani; Mortimer, 2007), bien como a los modos de construcción de tales argumentos, reconociendo, de esta manera, que estos criterios epistémicos guardan relación con valores, prácticas y actitudes representativas en sus contextos de origen (Molina, 2000; Venegas, 2015).

* Tese Doutoral Diego F Valderrama. (2016) “Diálogo entre conhecimentos científicos e tradicionais sobre pesca na aula de Ciências Naturais (Biologia): Pesquisa de desenvolvimento de intervenção didática em instituições educativas de Taganga, no Caribe Colombiano”. Doutorado em História, Filosofia y Didáctica de las Ciencias Universidad Federal de Bahía, Salvador. Charbel Niño El-Hani (Director), Adela Molina Andrade (Co-directora).

Menção Honrosa do Prêmio Capes de Tese 2016 da área de ENSINO, octubre de 2017.

Línea de investigación Enseñanza de las ciencias, contexto, diversidad y diferencia cultural.

conocimientos científicos y tecnológicos⁴⁵, que contribuyan en la constitución de medios para su empoderamiento e inclusión social (El-Hani e Bandeira, 2008), de modo armónico con su contexto ambiental y socio-cultural, y con las formas de conocimiento propias de cada comunidad. Tratase, así, de investigar maneras de consolidar el difícil imperativo intercultural de propiciar en las personas y en los grupos sociales “el derecho a ser iguales cuando la diferencia los inferioriza, y el derecho a ser diferentes cuando la igualdad los descaracteriza” (Sousa Santos, 2001, p. 38)⁴⁶, situación que, a nuestro criterio, abre posibilidades para el reconocimiento de relaciones entre distintas culturas y formas de conocimiento durante el proceso de enseñanza y aprendizaje de las ciencias. Tratase, además, de “formar ciudadanos ligados a sus raíces y vinculados al mundo” (Rojas-Curieux, 1999, p. 58), y buscar posibilidades de interacción entre sujetos y culturas diversas, a través del encuentro con el discurso científico escolar (Candau, 2006). Como discute Paulo Freire (2005), a través del diálogo las realidades son desveladas y los actores que participan en los procesos educativos pueden tornarse críticos y reflexivos, creando oportunidades para una mayor autonomía y emancipación.

El establecimiento de diálogos entre distintas formas de conocimiento en el aula de ciencias plantea una serie de cuestiones morales y políticas, así como de cuestiones teórico-filosóficas, con consecuencias para las cuestiones metodológicas, la práctica docente y los procesos de enseñanza y aprendizaje escolares. Por ejemplo:

- ¿Cómo crear condiciones para que, en las clases de ciencias, se busque la comprensión, el reconocimiento y la valorización de los conocimientos locales y tradicionales, presentes en las comunidades, pero frecuentemente invisibilizados en el contexto escolar, contribuyendo para el respeto a la diversidad cultural y para la conservación de estos conocimientos?

45 Siguiendo las sugerencias de Cobern y Loving (2001), reservamos los términos “ciencia” y “científico” para designar los modos de producción de conocimiento típicos de las sociedades occidentales modernas. Así mismo, reservamos los términos “local” y “tradicional” para los modos de producción de conocimiento, contruidos y legitimados en contextos socioculturales diferenciados. Sobre cómo tal delimitación puede ser entendida como una estrategia de valorización y conservación de conocimientos tradicionales, se puede ver a El-Hani y Bandeira (2008). Sin embargo, hoy consideramos de menor importancia si deseamos o no llamar a modos de conocer otros que la ciencia moderna cataloga de “científicos”. Lo que importa es menos la designación que la claridad sobre los criterios y las prácticas epistémicas involucradas en cada modo de conocer. Esto se torna en un estímulo para diferenciar modos de conocer y proponerse ponerlos en diálogo. De hecho, consideramos que un diálogo entre formas de conocimiento y modos de conocer se beneficia de una distinción íntima y profunda entre lo que se pone en diálogo.

46 Traducción nuestra del original en portugués.

- ¿Cómo colocar en diálogo estos conocimientos locales y tradicionales con las ideas científicas escolares, en el sentido de reconocer sus convergencias, divergencias y complementariedades, sin jerarquizarlos epistemológica y axiológicamente?

En este sentido, el papel del estudio sistemático de conocimientos locales y tradicionales en las clases de ciencias, es un punto que requiere de elaboración, en la medida que va más allá de una perspectiva común en la literatura y en la práctica de la enseñanza de las ciencias escolares, que a menudo trata los conocimientos de los estudiantes y los miembros de su comunidad, como si estos pertenecieran a una misma categoría, digamos, “el sentido común”, cuando de hecho, se encuentran más profundamente arraigados a sus contextos socioculturales de origen (ver p. ej., Venegas, 2012, 2015) y no pueden ser todos mezclados en alguna categoría general como la común mención a “concepciones previas” en la literatura educativa. También, es importante considerar con más atención las consecuencias que pueden tener los conocimientos locales y tradicionales que los estudiantes traen para la clase de ciencias, en términos tanto de exigencias hacia el respeto a la diversidad cultural representada en estos conocimientos (McCarter y Gavin, 2011), como de criterios para un trabajo pedagógico que conlleve a un aprendizaje escolar satisfactorio, en términos de la formación de ciudadanos incluidos socialmente, ligados a su raíces, y aun así capaces de cruzar fronteras culturales y de ser ciudadanos globales, y sin una inferiorización o una descaracterización de comunidades culturalmente diferenciadas (El-Hani y Mortimer, 2007). Sin duda, esta no es una tarea simple y, así, requiere tanto de investigación teórica como de estudios empíricos en el contexto de las prácticas escolares.

En este capítulo nos aproximaremos a dos enfoques que ofrecen caminos alternativos para una educación científica escolar en Latinoamérica, con contribuciones que colocaremos en interacción, buscando orientar procesos de conceptualización, configuración e interpretación de espacios de diálogo entre distintas formas de conocimiento en el contexto científico escolar, importantes para la formación inicial y continuada de los profesores y profesoras de ciencias y para la orientación de su práctica en el salón de clases. Para tal, iniciaremos describiendo aspectos relacionados con nociones sustentadas por cada uno de estos enfoques sobre el aprendizaje, la pluralidad cultural, la inclusión de ideas no científicas, el diálogo entre distintas formas de conocimiento y la configuración de los espacios de diálogo en las clases de ciencias. Seguidamente, presentaremos posibles relaciones

de complementariedad entre conceptos y categorías de estos dos enfoques y la formación de profesores. Finalizaremos con algunas consideraciones finales sobre los debates sobre una educación científica comprometida con el diálogo entre las distintas formas de conocimiento, y discutimos la importancia del desarrollo y la sistematización de experiencias en el salón de clases, para el enriquecimiento de estos debates.

8.2 Enfoques para una enseñanza de las ciencias comprometida con el diálogo entre distintas formas de conocimiento

En investigaciones de varios grupos en Latinoamérica que han buscado la construcción de bases filosóficas y teóricas para la configuración de abordajes de una educación científica alternativa, que reconozca y respete la diversidad y la diferencia cultural, se han desarrollado planteamientos y propuestas para la promoción de espacios de diálogo entre distintas formas de conocimiento en las clases de ciencias. Privilegiamos aquí el análisis de dos de estos enfoques, que se fundamentan en compromisos teórico-filosóficos y experiencias de investigación distintas. Nuestra intención es realizar una aproximación entre ellos, no con la intención de algún estudio comparativo, sino buscando la comprensión y el intercambio entre visiones y experiencias, configuradas en escenarios de investigación que consideramos complementarios, que son al mismo tiempo diferentes y encierran algo en común. Por un lado, consideramos el enfoque para una *educación científica culturalmente sensible* (El-Hani y Mortimer, 2007, El-Hani *et al.*, 2014), el cual es promovido en Brasil por el Laboratorio en Enseñanza, Filosofía e Historia de la Biología (LEFHBio/Universidad Federal de Bahía, en Salvador, Bahía), con el propósito de impulsar una educación científica sensible a las ideas y los conocimientos de los estudiantes y otros miembros de su comunidad.

Este enfoque viene siendo construido, por ejemplo, a partir del desarrollo de la teoría del perfil conceptual (Mortimer; El-Hani, 2014), y de investigaciones etnoecológicas y de diseño educativo en comunidades campesinas y pesqueras, donde la enseñanza de las ciencias ya se encuentra presente, buscando entender el conocimiento de estas comunidades, así como modos potenciales de poner este conocimiento en diálogo con los conocimientos escolares (de ciencias y otros campos, como el lenguaje, las matemáticas,

la ética y la expresión artística), en salones de clase frecuentados por los estudiantes de las propias comunidades (Baptista y El-Hani, 2006, 2009; Valderrama-Pérez, 2016; Valderrama-Pérez y El-Hani, 2013; Valderrama-Pérez et al., 2015).

Por otro lado, consideramos el enfoque para una *educación científica basada en la perspectiva de conglomerados de relevancia* (Molina, 2000, 2002, 2005, 2012), la cual es promovida en Colombia por el Grupo de Investigación Interculturalidad, Ciencia y Tecnología (Intercitec/Universidad Distrital Francisco José de Caldas y Universidad Pedagógica Nacional, en Bogotá), con el propósito de impulsar una educación científica acorde con los intereses y las especificidades socioculturales e interculturales de los estudiantes y de la sociedad colombiana. Este enfoque viene siendo construido a partir de investigaciones sobre las relaciones entre la enseñanza de la ciencia, el contexto y la diversidad cultural, las cuales incluyen estudios sobre las ideas de estudiantes con diferentes orígenes socioculturales sobre la naturaleza y otras nociones (por ejemplo, lo vivo, la vida, biodiversidad, calor), las concepciones de los profesores y profesoras del nivel básico y medio sobre la diversidad cultural y sus implicaciones para la enseñanza, y la construcción de intervenciones didácticas a partir de la noción de puentes entre conocimientos científicos escolares y conocimientos ecológicos tradicionales y ancestrales, en comunidades campesinas (Molina y Mojica, 2013; Molina et al., 2005, 2011; Salamanca et al., 2015; Venegas, 2012, 2015; Melo, 2017).

A continuación, describiremos aspectos relacionados con nociones sustentadas por cada uno de estos enfoques sobre el aprendizaje, la pluralidad cultural, la inclusión de ideas no científicas, el diálogo entre distintas formas de conocimiento y la configuración de los espacios de diálogo en las clases de ciencias.

8.3 Enfoque para una educación científica culturalmente sensible

Este enfoque fundamenta el aprendizaje y la enseñanza de las ciencias en distintas perspectivas que pueden fundamentar una educación científica culturalmente sensible, retomando perspectivas semióticas de cultura, abordajes sociohistóricos del aprendizaje, y el reconocimiento de la heterogeneidad conceptual y de las formas de hablar y de pensar, en las sociedades y salones

de clases. Igualmente, presenta su particular forma de entender la multiculturalidad en la clase de ciencias, y la inclusión de conocimientos locales y tradicionales, así como la configuración de espacios de diálogo entre distintas formas de conocimientos en la clase.

8.3.1 Sobre el aprendizaje en la clase de ciencias

Partiendo de una visión semiótica de la cultura, en la cual la cultura es vista como una red de significados (Geertz, 1987, 1996), el enfoque para una *educación científica culturalmente sensible* reconoce la heterogeneidad del pensamiento (Tulviste, 1998) y, así, más que un modo de conocer o pensar en algo, la idea de que una persona puede albergar numerosos modos de conocer y pensar. Esta es la idea central de la teoría del perfil conceptual (Mortimer y El-Hani, 2014), la cual sirve de fundamento para esta propuesta, y que surge del argumento de que podemos exhibir diferentes modos de ver y representar el mundo, los cuales son usados en diferentes contextos, ofreciendo una alternativa a la visión de que, para aprender ciencias, los estudiantes deben abandonar sus experiencias culturales, conocimientos cotidianos, conceptos previos, e incluso, los compromisos centrales de sus visiones de mundo, los cuales suelen ser considerados como obstáculos para el aprendizaje de las ciencias en el ambiente escolar (Posner *et al.*, 1982).

De acuerdo con la teoría del perfil conceptual, el aprendizaje de un concepto consiste 1) en enriquecer nuestro propio perfil conceptual (en el aula de ciencias, con formas científicas de pensar sobre el mundo), y 2) en tomar conciencia de la multiplicidad de modos de pensar sobre un determinado asunto, y los contextos en que esos modos de pensar pueden ser aplicados de manera legítima y pragmáticamente eficaz. Estas son formas de elaboración cognitiva y metacognitiva que pueden incorporar los tipos de alternativas que buscamos con una educación científica intercultural, en la cual se evite la simple sustitución de las ideas y experiencias culturales de los estudiantes, las cuales pueden tener importancia central, y mostrar un valor heurístico, en un conjunto específico de contextos en su vida. Así, tiene papel central en la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias escolares, la toma de conciencia sobre la naturaleza distinta de las situaciones y necesidades que viven las distintas poblaciones humanas, y sobre la existencia de maneras distintas de pensar en relación a estas situaciones y necesidades, así como de convivir con ellas, o de resolverlas de modo particular. De esta manera, el diálogo entre distintas formas de conocimiento se construye a partir de la

formulación de tales distinciones, y se consolida con la comprensión mutua de las distintas posibilidades del pensamiento y modos de actuación.

Esta noción sobre el aprendizaje implica que los estudiantes acepten la validez de las ideas o maneras de pensar científicas escolares y no escolares, en los contextos específicos de aplicación en que estas ideas se muestren satisfactorias. Igualmente implica la importancia de que los estudiantes comprendan al menos algunos de los principios ontológicos y epistémicos que fundamentan la ciencia moderna como modo de conocer particular, así como sus criterios y prácticas epistémicas.

Así, esta visión del aprendizaje no asume una posición racionalista, en la que se plantea la existencia de criterios universales y atemporales para evaluar los méritos relativos de las diferentes teorías o formas de conocimiento (p. ej., el criterio de falseabilidad en la teoría popperiana de la ciencia; Popper, 1972), lo cual conlleva, en muchos casos, a la no consideración, e incluso a la exclusión, de los contextos socioculturales y criterios epistémicos de origen, en los cuales se construyen y legitiman formas de conocimiento locales y tradicionales.

Por otro lado, esta visión del aprendizaje reconoce la importancia de las posiciones relativistas, como posible punto de partida para la promoción del reconocimiento y la valoración de las ideas y formas de pensar sobre el mundo que se reconozcan como diferentes. Sin embargo, no asume visiones relativistas que eviten la demarcación de estas ideas o formas de pensar que se perciban como diferentes, (p. ej. el enfoque de la “igual validez”, ver Boghossian, 2002), una vez que, en una situación de diálogo, de encuentro entre culturas y entre diferentes, resulta imprescindible la comprensión de los aspectos que conllevan a que las visiones de los otros sean diferentes a las nuestras.

Es por esto que esta visión del aprendizaje, en cambio, asume una posición pluralista pragmática, en la cual, la eficacia en la aplicación práctica proporciona un criterio para la determinación de la verdad de los enunciados (Rescher, 1995), una verdad que puede, naturalmente, ser denominada *pragmática*. Desde la perspectiva de una educación científica intercultural, basada en diálogos entre modos de conocer y formas de conocimiento, esta consideración de la eficacia en la aplicación práctica de los conocimientos y enunciados debe surgir de la comprensión y el respeto de los criterios que hacen que distintas personas y poblaciones consideren eficaz una idea o

forma de pensar particular, en relación con situaciones y necesidades que se plantean en las condiciones de vida de las poblaciones humanas. Eso implica que no se deben jerarquizar las relaciones entre ciencia moderna y otras formas de conocimiento como, por ejemplo, los conocimientos tradicionales, en cambio, favorecer decisiones más colaborativas que programáticas en el diseño de procesos didácticos y educacionales, como los que se tornan posibles en comunidades de práctica que reúnen a investigadores, miembros de comunidades tradicionales y profesores de la educación básica actuales en las escuelas locales.

De esta manera, el enfoque para una *educación científica culturalmente sensible*, asume una noción del conocimiento, como aquel que posibilita y a la vez que limita nuestra comprensión de la realidad, siendo esta una de las razones por las cuales algunas formas de pragmatismo sostienen que el conocimiento debe ser juzgado, al menos en parte, en términos de su utilidad, incluyéndolo también la utilidad como instrumento de pensamiento (Lotman, 1988, citado por Wertsch, 1991), y siempre en relación con la percepción de las comunidades sobre sus necesidades y sobre la utilidad que reconocen en sus ideas y acciones, en interacción con procesos educacionales en las clases de ciencias y más allá de ellas, en la enseñanza de otros campos, como lenguaje y matemáticas, por ejemplo.

Como existen varias situaciones y necesidades a los cuales aplicamos el conocimiento (incluyendo necesidades que se refieren a como pensar sobre determinados hechos o asuntos), y como no hay una forma única de conocimiento que sea más eficaz frente a todas ellas, este no es un criterio universal y atemporal, como el que buscan los racionalistas. Complementariamente, la eficacia pragmática como criterio para los juicios sobre el conocimiento representa una alternativa para la noción de que todos los conocimientos son igualmente válidos, como ha sido sustentado por muchas posiciones relativistas, en rechazo a las posiciones racionalistas (al respeto de este punto, ver más adelante).

De esta manera, una *educación científica culturalmente sensible* defiende una comprensión de las ideas científicas escolares (más precisamente, conceptos, teorías y modelos, producidos por la ciencia moderna), en lugar del cambio en las creencias de los estudiantes, como uno de los objetivos centrales de la educación en ciencias (véase también Cobern, 1996; Smith y Siegel, 2004; El-Hani y Mortimer, 2007). Esta comprensión, como se mencionó, se constituye en un requisito para que el diálogo

entre los estudiantes y las ideas científicas escolares pueda ocurrir, tanto dentro de la clase como fuera de ella, por ejemplo, en su entorno familiar y comunitario.

Cabe señalar que, si bien la comprensión de las ideas científicas no es el único objetivo de la educación científica, de acuerdo con el enfoque de una educación científica culturalmente sensible, no debería dejar de ser un objetivo relevante del aula de ciencias, si con ésta buscamos aproximar a los estudiantes a una visión de mundo específica, en este caso, la de la ciencia occidental moderna, y buscamos promover durante este proceso de aproximación, el reconocimiento de relaciones interculturales entre conocimientos y formas de pensar y actuar en el mundo que se perciban como diferentes. Las ideas locales y tradicionales que surgen en el aula de ciencias, deben igualmente ser estudiadas y comprendidas, siempre que posible, así como respetadas y valoradas, en la escuela.

Esta es una responsabilidad que no recae únicamente en el aula y el profesor de ciencias, sino también en la comunidad escolar y en la propuesta de interacción e intercambio de la escuela con la comunidad y sus saberes, como apertura para la creación de espacios para el estudio de formas de conocimiento distintas a las escolares, por ejemplo, a través de encuentros y experiencias con sabedores y sabedoras locales, la participación en expresiones artísticas y religiosas, y prácticas tradicionales de subsistencia y producción, que viven los estudiantes junto con sus familias, durante su proceso formativo y de construcción de identidad. En tal sentido, se torna relevante el aprecio del papel fundamental y específico del profesor de ciencias, en acompañar y orientar a los estudiantes en su proceso de aproximación a esta visión de mundo particular, muchas veces distinta a la de sus estudiantes y las comunidades donde estos viven y donde se localiza la escuela, y en promover el enriquecimiento de su clase con los diálogos entre las distintas formas de conocimiento.

8.3.2 Sobre la pluralidad cultural en la clase de ciencias

En el enfoque para una *educación científica culturalmente sensible*, la noción de visión de mundo permite tratar cualquier salón de clases como un ambiente multicultural, no restringiendo, por tanto, la relevancia del multiculturalismo a condiciones en las cuales es evidente la existencia de diferentes grupos étnicos o poblaciones diferenciadas (Cobern, 1996). Todo

salón de clases es multicultural porque reúne estudiantes que están comprometidos con una serie de compromisos ontológicos, epistemológicos y axiológicos particulares, que en algunos casos pueden ser compartidos por ellos, o tener relación con el discurso de la ciencia (moderna occidental) y sus premisas, pero en otros casos pueden no ser mutuamente consistentes.

Con esta perspectiva, resulta posible esperar que, en el salón de clases de ciencias, ocurran encuentros entre ideas y razones distintas, que por un lado apoyen las visiones de mundo de los estudiantes, y por el otro apoyen las visiones científicas escolares, y que también los estudiantes (y muchas veces también los profesores) perciban la existencia de estas diferentes razones y sientan la necesidad de abordarlas y explorarlas durante la clase. En tal situación, la pluralidad cultural se establece y se configura como una pluralidad de razones (Lopes, 1999), y por lo tanto, tal pluralidad de razones no debería ser evitada en la clase de ciencias, sino más bien promovida y colocada en diálogo, si buscamos que las diferencias sean expuestas, escuchadas y respetadas (Freire, 2005), y si esperamos que los estudiantes logren comprender y caracterizar las distintas posiciones en juego e, incluso, percibir que estas, en algunos casos, se originan a partir de diferentes sistemas de conocimiento (El-Hani y Mortimer, 2007).

El enfoque de una *educación científica culturalmente sensible*, resalta así la importancia de reconocer y dar un tratamiento a la pluralidad de razones (p. ej., relativas a modos de conocer y pensar distintos sobre una noción o un fenómeno) en el aula de ciencias, fomentando el diálogo entre las distintas formas de conocimiento y la convivencia con las diferencias, más que el conflicto, o, por otro lado, la búsqueda de consenso, sin una delimitación clara de las ideas o maneras de pensar que puedan ser distintas o de los dominios de aplicación en los cuales cada modo de conocer pueda mostrar una eficacia pragmática frente a situaciones y necesidades vividas. Es así como la *educación científica culturalmente sensible* plantea la posibilidad de establecimiento de una ética de la coexistencia en los procesos sociales de argumentación (incluyendo los escolares), la cual demandan diálogo y confrontación de argumentos, “en la búsqueda de posibles (pero no inevitables) soluciones”, promoviendo una (con)vivencia entre los diversos grupos sociales (presentes en el salón de clases, por ejemplo), incluso, en las situaciones en que se tornen evidentes sus diferencias, y una solución negociada no sea alcanzada (El-Hani y Mortimer, 2007, p. 668)⁴⁷.

47 Traducción nuestra del original en inglés.

Este contexto de coexistencia entre las diferencias se constituye en una alternativa para el tratamiento de las diferencias culturales y la promoción del diálogo entre distintas formas de conocimiento en la clase de ciencias, las cuales han sido relacionadas en la literatura con contextos de conflicto y consenso (Lopes, 1999), en los cuales la confrontación de argumentos conlleva al planteamiento de soluciones (Contexto de conflicto), o, por otro lado, la ausencia de tal confrontación, conlleva, en muchos casos, al no reconocimiento de las diferencias (contexto de consenso), y así a la falta de elaboración de posibilidades de diálogo que podrían conducir al planteamiento de soluciones (ver El-Hani y Mortimer, 2007).

8.3.3 Sobre la inclusión del conocimiento local y tradicional y la configuración de espacios de diálogo entre diferentes formas de conocimiento en la clase de ciencias

La relevancia de la inclusión del conocimiento local o tradicional y del diálogo entre distintas formas de conocimiento en el aula de ciencias, de acuerdo con el enfoque para una *educación científica culturalmente sensible*, se da en torno a la posibilidad de ofrecer nuevos espacios a conocimientos locales y tradicionales en el contexto escolar, además de abrir posibilidades para el reconociendo de una diversidad importante de discursos sobre la naturaleza, y plantear convergencias, divergencias y complementariedades entre los discursos y conocimientos de las ciencias escolares y de otros modos de conocer, entendiendo que éstos comprenden conjuntos de argumentos sobre el mundo que fueron construidos y legitimados en contextos socioculturales particulares y/o diferenciados y, además, que cada forma de conocimiento debe ser estudiada y valorizada en el salón de clases a partir de sus propios criterios y prácticas epistémicas, sobre todo cuando estos difieren de los criterios y las prácticas científicas escolares (a este respecto, ver El-Hani e Bandeira, 2008).

Como discute Leff (2003), el diálogo se establece dentro de una racionalidad que busca comprender al otro, sin englobar las diferencias culturales en un saber de fondo universal y sin traducir “el otro” en términos de “el mismo”, lo que implica la importancia de entender las diferencias entre los conocimientos que se ponen en diálogo, evitando homogeneizarlos, lo que, al fin y al cabo, no es otra cosa que el establecimiento de procesos de dominación de una perspectiva sobre otra. Se trata, de esta manera, de evitar la subordinación de otros modos de conocer al científico, así como de

reconocer la mezcla de ideas generadas en contextos distintos a los originales, bajo el auspicio de criterios y prácticas epistémicas también distintas.

Por otro lado, de acuerdo con el enfoque para una educación científica culturalmente sensible, la configuración de espacios de diálogo en el aula de ciencias, implica que la naturaleza de los abordajes comunicativos dentro del salón de clases consiga orientar esfuerzos para negociar posibles acuerdos⁴⁸ y convivir con las diferencias si una solución negociada no es alcanzada (El-Hani; Mortimer, 2007; El-Hani; Bandeira, 2008). Para pensar estos abordajes comunicativos, la caracterización de formas de discurso por Mortimer y Scott (2002, 2003) en términos de dos dimensiones se muestra relevante: discurso *interactivo* o *no-interactivo*, y discurso *dialógico/multivocal* o *univocal*. Estas dimensiones son aplicables tanto para caracterizar el papel del profesor al conducir el discurso de la clase, como las interacciones que pueden ocurrir entre los estudiantes. Los cuatro tipos de abordaje comunicativo que resultan de la interacción entre estas dos dimensiones son representados por estos autores de la siguiente manera:

- a. Interactivo/dialógico: profesor y estudiantes exploran ideas, formulan preguntas auténticas y ofrecen, consideran y trabajan diferentes puntos de vista.
- b. No-interactivo/dialógico: profesor reconsidera, en sus palabras, varios puntos de vista, destacando similitudes y diferencias.
- c. Interactivo/univocal: profesor conduce a los estudiantes por medio de una secuencia de preguntas y respuestas, con el objetivo de llegar a un punto de vista específico.
- d. No-interactivo/univocal: profesor presenta un punto de vista específico, típicamente de la ciencia escolar (Mortimer y Scott, 2002, p. 288)⁴⁹.

De esta manera, este enfoque sugiere que se realice en la enseñanza de las ciencias una alternancia entre los discursos dialógicos (multivocales), en que las diversas perspectivas de los estudiantes sean realmente consideradas y valorizadas en el trabajo de clase, y los discursos univocales, en que la perspectiva escolar sea considerada y demarcada, y el trabajo pedagógico sea

48 Estos acuerdos pueden abrir posibilidades importantes para la integración y la síntesis entre conocimientos distintos. Sin embargo, en algunos casos, puede conllevar a la necesidad de reconocer las divergencias ontológicas, epistemológicas y axiológicas que pueden existir entre los distintos conocimientos, así como la necesidad de preservar la autonomía de cada uno de los modos de conocer, para un análisis más detallado de estas situaciones, ver Ludwig (2016).

49 Traducción nuestra del original en portugués.

conducido de modo a cumplir con el objetivo de promover la comprensión de las ideas científicas entre los estudiantes. La alternancia entre los discursos dialógicos/multivocales y univocales promueve, así, que no se pierda de vista el objetivo de comprensión de las ideas científicas en el aula de ciencias. Sin embargo, tal alternancia puede ser conducida con una alternancia apropiada de abordajes comunicativos de modo que las ideas culturalmente fundamentadas de los estudiantes tengan participación plena en el proceso de comprensión de las distintas ideas, y no de cambio de creencias, y que el conocimiento tradicional o local no solamente tenga espacio en clase, sino que sea claramente distinguido y apropiadamente valorizado.

Como explican El-Hani y Bandeira (2008) el abordaje dialógico (multivocal) explicado anteriormente puede tener distintas finalidades en el aula de ciencias: explorar similitudes y diferencias entre los modos de conocer; estimular los estudiantes a considerar el modo como estos modos de conocer se fundamentan en bases ontológicas y epistemológicas diferentes, no siendo, por tanto, sorprendente que generen discursos distintos sobre el mundo; ofrecer oportunidades para pensar sobre los dominios, las situaciones y necesidades vividas, en los cuales uno u otro modo de conocer puede ser aplicado de manera fértil y poderosa; considerar los contextos sociales, políticos y económicos en la construcción del conocimiento científico y del desarrollo tecnológico; y discutir sobre la naturaleza del conocimiento como un conjunto específico de argumentos sobre el mundo que es sustentado por razones que deberíamos analizar para aceptar o no una idea en particular (considerándose la pluralidad de razones).

8.4 Enfoque para una educación científica basada en los conglomerados de relevancia

En este enfoque se asumen dos perspectivas complementarias de cultura, como son la perspectiva semiótica de cultura (Geertz, 1987) y la perspectiva adjetiva de cultura (García-Canclini, 2004), con las que se caracteriza desde tres dimensiones la condición intercultural de las sociedades Latinoamericanas. En tal sentido, entiende que el aprendizaje está vinculado a la búsqueda de sentido y significación (Bruner, 1984, 2006; Bruner y Haste, 1990), a los *ethos*, cosmovisiones y valores que comparten los miembros de una cultura y a perspectivas críticas sobre el conocimiento científico y científico escolar. Como alternativa de enseñanza para propiciar el dialogo entre diferentes

conocimientos se desarrolla a partir de la idea de puentes entre conocimientos tradicionales y científicos escolares (Molina y Mojica, 2013; Melo, 2015).

8.4.1 Sobre el aprendizaje en la clase de ciencias

En el referencial de la *educación científica basada en los conglomerados de relevancia*, la cultura es entendida, tanto como un recurso heurístico para hablar de la variedad (sentido adjetivo de la cultura), siguiendo las ideas de García-Canclini (2004), y también como significado público, siguiendo una perspectiva semiótica de la cultura, en la cual la cultura es vista como una red de significados (Geertz, 1987). Este posicionamiento contrasta con otras visiones que entienden la cultura solamente como una caracterización de cada cultura en función de sí misma (sentido sustantivo de la cultura). En el marco de esta perspectiva se asume el concepto de interculturalidad de García-Canclini (2004) para caracterizar de manera particular la realidad latinoamericana. Así, se entiende por sociedad intercultural, aquella donde “las interacciones entre diferentes causan tensiones, encuentros y desacuerdos” (Molina, 2015, p. 77), siendo estas interacciones, las posibilidades mismas para el diálogo y el intercambio entre culturas en dichas sociedades.

En este sentido, *vincula el discurso del poder con el orden simbólico* a partir de tres categorías: diferentes, desiguales y desconectados. En el primer caso (los diferentes), indica la cultura comunitaria que se refiere a la continuidad de la existencia de los pueblos y sus culturas; en el segundo caso (los desiguales), la cultura como parte de las élites y constitución diferenciada de las hegemonías; y finalmente, el tercer caso (los desconectados) se trata de la cultura-punto-com, por su adhesión y pertenencia a redes multiconectadas, o por la configuración misma de la desconexión en relación con estas redes (para más detalles sobre estas categorías, ver García-Canclini, 2004).

A partir de estas ideas sobre la cultura y las sociedades interculturales en Latinoamérica, este enfoque refuerza que los valores son fundamentales en la cultura; por tanto, propone e investiga como las ideas de las personas, en particular sobre la naturaleza, son orientadas por éstos. Así encuentra en las ideas de naturaleza, de niños y niñas de diferentes culturas en Colombia, una variedad de criterios de valor (p. ej., éticos, estéticos, emocionales, naturalistas, espaciales, etc.), que poseen diversas jerarquías entre sí, o conglomerados de relevancia, los cuales posibilitan la interpretación de las opciones de significado presentes en los intercambios entre culturas. Esta es la idea central de

la teoría de los conglomerados de relevancias (Molina, 2000, 2002, 2012), y resulta de la vinculación del concepto de cultura (ver arriba), con el concepto de valor (Ricoeur, 1995, 2000; Molina, 2000), como una forma de relacionar las formas de conocimiento y la diversidad cultural, y los procesos de significación (Bruner, 1984, 2006; Bruner y Haste, 1990), reconociendo que los estudiantes elaboran significados y, por lo tanto, no son receptores pasivos de su cultura. Esto apoya la propuesta de diálogo y reconocimiento de los criterios de valor y conglomerados de relevancia que orientan las ideas de los estudiantes y los miembros de sus comunidades, en el proceso de enseñanza y aprendizaje de las ideas científicas escolares (Molina, 2012).

De acuerdo con la teoría de los conglomerados de relevancia, el aprendizaje escolar se relaciona con el proceso de constitución de la experiencia, el cual, de acuerdo con Ricoeur (1995, 2000) se refiere al sentido, lo que implica una relación con el mundo y con el lenguaje, que se constituye, según Bruner (1984, 2006), en el espacio psicológico y cognitivo. De esta manera, el aprendizaje se configura, en parte, en la manera como llevamos nuestra relación con el mundo a la experiencia con el lenguaje. El aprendizaje escolar, se vincula, así a un proceso de 1) recuperación de la experiencia, atendiendo a los contextos socioculturales de los estudiantes, y 2) a la especialización de esta experiencia mediante diferentes formas de su incorporación en la clase, y de apoyo para la construcción conceptual, teniendo en consideración los variados marcos de referencia que la constituyen (incluyendo, valores, prácticas, actitudes, etc.) (Molina, 2007; Venegas, 2015). Estas también son formas de elaboración conceptual que pueden incorporar los tipos de alternativas que buscamos en una educación científica que promueva el reconocimiento y la comprensión de relaciones entre las ideas y las experiencias de los estudiantes en el espacio de sus culturas y las ideas y experiencias que circulan en los espacios escolares que ellos frecuentan.

Esta noción sobre el aprendizaje implica que los estudiantes enriquezcan sus narrativas y descripciones, que pueden estar sustentadas por importantes ideas y experiencias de sus contextos socio-culturales de origen y con ideas y experiencias de las ciencias escolares. En este caso, esta visión del aprendizaje no asume una posición racionalista. Por un lado, esta visión del aprendizaje, de manera alternativa a una visión racionalista, asume una posición crítica, ya que siempre es necesario examinar diferentes referentes (ontológicos, epistemológicos, éticos, políticos, didácticos) para orientar una educación científica que reconozca el contexto, la diversidad y diferencia cultural: a) la formación científica implica atender diferentes aspectos y

no solo la elaboración conceptual, ya que las diferentes culturas disponen de repertorios de diferente naturaleza (ontológicos, epistemológicos, estéticos, éticos y políticos) que bien podrían constituirse en referenciales para la educación científica; b) las experiencias con el mundo natural de culturas diferentes a las occidentales se constituyen en potentes bases para la construcción de la ciencia escolar, sin detrimento de los valores y perspectivas propias (Venegas, 2015; Valderrama-Pérez, 2016); c) los conocimientos, experiencias y habilidades logradas por culturas y pueblos milenares también demuestran inteligencia, creatividad y sistematicidad; d) se pueden tener diferencias en varios niveles de pensamiento y acción, pero no implica que no se puedan emprender proyectos conjuntos que configuran un espacio de diálogo (acuerdo, confrontación o aceptación conveniente) que permitan condiciones de desarrollo de tales proyectos. Por otro lado, la posición crítica de esta visión del aprendizaje se fundamenta en la necesidad de discutir sobre la naturaleza intercultural de la ciencia y la educación científica: a) entiende las diferencias de los debates dados en el ámbito de la ciencia y los dados en el ámbito de la educación científica, pero reconoce que el primero es tratado como una referencia del segundo; b) en este sentido, la referencia al racionalismo, en cuanto a la adopción de criterios universales y atemporales en el conocimiento científico, se ha constituido en una dificultad (El-Hani y Sepúlveda, 2006; Aikenhead y Ogawa, 2007; McKinley, 2008; Molina *et al.*, 2009) para una educación científica que reconozca la diversidad y diferencia cultural; c) varias perspectivas reconocen que la ciencia tiene múltiples bases culturales (Harding, S., 1994, 1998; Cobern y Loving, 2001; Grosfoguel, 2006; Raj, K., 2007).

Así el enfoque para una *educación científica basada en los conglomerados de relevancia*, de manera diferenciada, vincula el concepto de cultura, con el concepto de valor, como una forma de relacionar las formas de conocimiento, la cultura y los procesos de significación. Así, interpreta las diversas jerarquías que se configuran entre los variados criterios de valor que sustentan las ideas de las personas, en particular sobre la naturaleza; en tal sentido los conglomerados de relevancia, se constituyen en una vía para comprender las múltiples bases culturales de dichas ideas, que se configuran en los intercambios entre culturas.

El enfoque para una *educación científica basada en los conglomerados de relevancia* propone una educación intercultural, en el sentido que reconoce, como explican Molina y Mojica (2013), la existencia de interacciones entre los conocimientos científicos y los conocimientos locales y tradicionales, y

por tanto, promueve la aproximación de estas interacciones a través de su estudio e incorporación en la clase de ciencias, como una potencialidad en el proceso de enseñanza y aprendizaje (para más detalles, ver Molina, 2010).

8.4.2 Sobre la pluralidad cultural en la clase de ciencias

El enfoque para una *educación científica basada en los conglomerados de relevancia* permite caracterizar la pluralidad cultural en aspectos que van más allá de los criterios epistémicos. Como explica Venegas (2012, p. 131), con el referencial de los conglomerados de relevancia es posible interpretar los “valores asociados a los discursos de niños, niñas y jóvenes sobre la naturaleza, y el sentido de las enunciaciones vinculadas de forma amplia”, y en relación con los discursos de sus comunidades de origen. Así, este referencial sustenta la importancia de colocarse en el universo imaginario del otro (de los estudiantes) para hacer una aproximación al sentido y al significado de sus ideas (Bruner, 1984, 2006; Bruner y Haste, 1990), y al vínculo de estos imaginarios con los *ethos*⁵⁰, cosmovisiones⁵¹ y valores que comparten los miembros de su cultura (Molina *et al.*, 2011). Esta aproximación a la perspectiva del nativo (de los propios estudiantes, en relación con la perspectiva de su comunidad), conlleva implicaciones importantes para el contexto escolar de ciencias:

[...] una interpretación desde la perspectiva del nativo -en este caso los niños y las niñas- nos permite repensar conceptos como pensamiento científico infantil, proceso analógico, y otros como teleologías y antropomorfismo, que usualmente se han utilizado para calificar negativamente a quienes los usan (Molina, S.D., p. 16).

Las ideas de los estudiantes son orientadas por variados criterios de valor (p. ej. éticos, estéticos, emocionales, naturalistas, espaciales, etc.), que son propios

50 De acuerdo con Geertz (1987), [...] *el ethos de un grupo se refiere al tono, el carácter y la calidad de su vida, su estilo moral y estético, [...] se convierte en algo intelectualmente razonable al mostrárselo como representante de un estilo de vida idealmente adaptado al estado de cosas descrito por la cosmovisión; [...] está relacionado con las evaluaciones y valoraciones de “los aspectos morales (y estéticos) de una determinada cultura”, y proporciona un espacio para interpretar las experiencias, las creencias, los saberes, los conocimientos, dándoles forma.*

51 Según Geertz (1987), la cosmovisión remite a aspectos cognitivos y existenciales. Se expresa por las ideas referidas al orden y a la organización de la existencia, es un espacio que enmarca la realidad de una cultura: [...] *es su retrato de la manera en que las cosas son en su pura efectividad; es su concepción de la naturaleza, de la persona, de la sociedad. La cosmovisión contiene las ideas más generales de orden de ese pueblo.*

de cada persona o que se fundamentan en los criterios de sus comunidades, pero que no se limitan a los criterios que usualmente orientan las ideas escolares, comúnmente naturalistas. Así, con una aproximación a la perspectiva del nativo en el aula de ciencias, la interculturalidad se establece y se configura como un diálogo posible entre una pluralidad de criterios de valor y conglomerados de relevancia, y no solamente como una pluralidad de razones. De esta manera, tal diversidad de criterios de valor debería ser promovida y colocada en diálogo, pero no evitada en la clase de ciencias, si buscamos que las visiones de nuestros estudiantes y sus comunidades de base sean expuestas y comprendidas, y esperamos con esto, identificar e incorporar en la clase de ciencias posibles relaciones e interacciones entre las visiones de los estudiantes y sus comunidades y las visiones científicas escolares (Molina *et al.*, 2005).

8.4.3 Sobre la inclusión del conocimiento local y tradicional y la configuración de espacios de diálogo entre diversas formas de conocimiento

La relevancia de la inclusión de ideas originadas en otros modos de conocer y del diálogo entre distintas formas de conocimiento en el aula de ciencias, de acuerdo con el enfoque para una *educación científica basada en los conglomerados de relevancia*, es entonces, la posibilidad de permitir un espacio a los conocimientos locales y tradicionales en el contexto escolar, y al modo como los estudiantes incorporan estos conocimientos en sus discursos y descripciones, buscando reconocer relaciones e interacciones entre estos conocimientos y la vivencia y experiencia de los estudiantes y los conocimientos científicos escolares, entendiendo que los argumentos sobre el mundo, contruidos y legitimados en contextos socio-culturales tanto científicos (modernos) como no científicos (o de otras ciencias), particulares y/o diferenciados, guardan relación con valores, prácticas y actitudes que tienen su origen en los intercambios entre culturas (Molina, 2000, 2007, 2010; Venegas, 2015). Como explica Venegas (2015), los diálogos implican, no solamente la interacción de conocimientos, sino también de valores, prácticas y actitudes que guardan relación con los conocimientos puestos en diálogo. Además, las investigaciones realizadas, muestran que los valores de los estudiantes (de comunidades en Colombia), cuando se refieren a la naturaleza, están sustentados en importantes conjuntos de experiencia e imaginación, que guardan estrecha relación con las experiencias provenientes de sus contextos socioculturales de base que, por tanto, pueden favorecer su aprendizaje en el aula de ciencias (Venegas, 2012, 2015). Se trata, de esta manera, de

reconocer las contribuciones de las distintas culturas, en las visiones científicas escolares, así como de facilitar el reconocimiento y respeto pleno de las ideas y conocimientos de los estudiantes y sus comunidades, así como su incorporación en el trabajo pedagógico de la clase.

El enfoque para una *educación científica basada en los conglomerados de relevancia* sustenta que proporcionar el debido espacio en los procesos argumentativos del aula de ciencias para las ideas y criterios traídos los estudiantes desde sus contextos socioculturales, debe conllevar a la recuperación de la experiencia y el lenguaje de los estudiantes, y por tanto, implica el desarrollo de procesos que comuniquen el mundo de la ciencia escolar con los mundos personales de los estudiantes y de sus comunidades, los cuales, según Molina y Mojica (2013), pueden ser configurados colocando distintos sistemas de conocimiento en un mismo ámbito y comprendiendo los procesos simbólicos implicados. Este enfoque es denominado por estas autoras como “puentes entre conocimientos científicos escolares (CCE) y conocimientos ecológicos tradicionales y ancestrales (CET)”, y proponen cuatro puentes distintos a partir del análisis de las prácticas y concepciones de los profesores colombianos sobre la diversidad cultural y sus implicaciones para la enseñanza de las ciencias:

Perspectiva asimilacionista: El conocimiento científico es el punto de partida y de llegada de la enseñanza de las ciencias. En esta perspectiva, el interés es reducir, asimilar o no considerar los CET. [...]

Perspectiva moral y humanista: Se caracteriza por el reconocimiento del otro, circunscrito a aspectos morales y humanistas. Se cuida de no discriminarlo por ser diferente; sin embargo, esta aproximación al otro no considera las relaciones entre conocimientos. [...]

Perspectiva plural epistémica y ontológica: Los puentes se configuran con la pretensión de argumentar e implementar los intercambios entre los CET y los CCE, lo que permite la ampliación de la alteridad mediante la consideración de aspectos epistemológicos. En esta tendencia se identificaron dos énfasis: uno relacionado con la manera de entender y tratar las experiencias y saberes y conocimientos ancestrales y tradicionales que portan los estudiantes en el aula y otro con casos particulares de interacciones de conocimientos y perspectivas distintas en la clase (prácticas agrícolas y ciencia, religión y ciencia). [...]

Perspectiva contextual. En esta perspectiva, el contexto puede configurarse como el puente mismo. Se identificaron dos énfasis: uno referente a la configuración de un contexto para la emergencia de diferentes conocimientos y experiencias y otro con la importancia que representa el contexto para la configuración de todo conocimiento, incluidos el científico y los CET. (Molina y Mojica, 2013, p. 38).

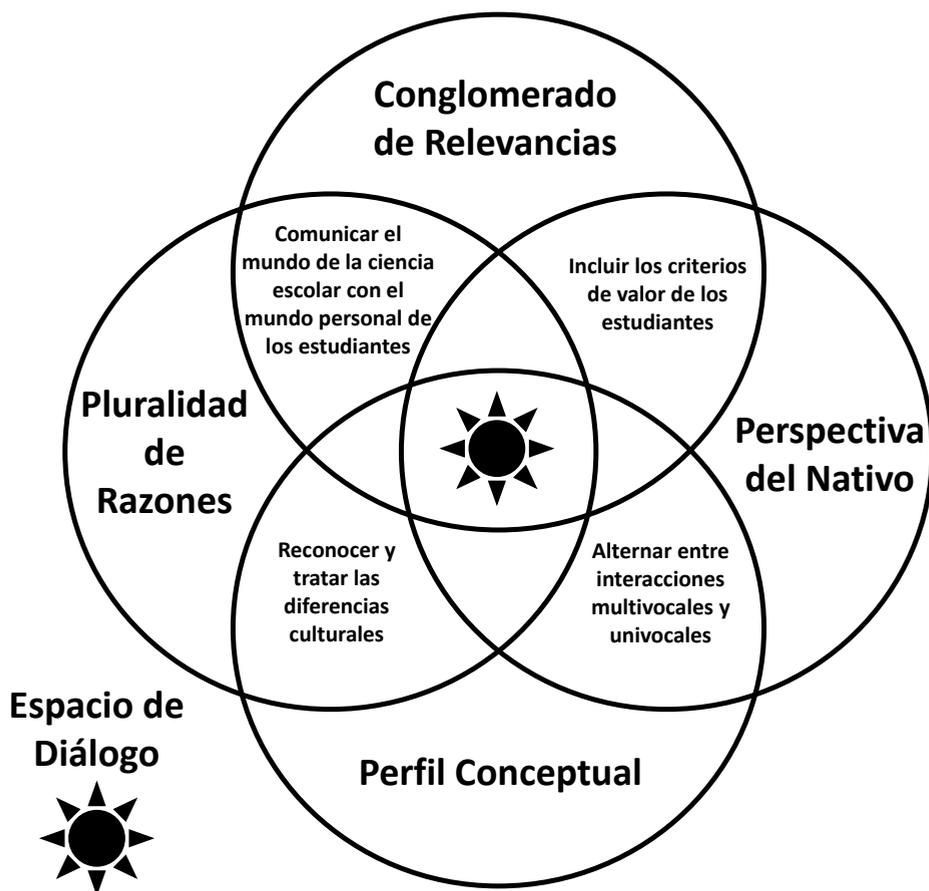
Molina y Mojica (2013) sugieren, sin embargo, que para posibilitar los puentes entre los CET y los CCE es necesario deconstruir la perspectiva asimilacionista. Aun así, aclaran que las acciones docentes “[...] no son completamente asimilacionistas, pues ellas mismas conducen a aperturas” (p. 49). Por lo tanto, los distintos puentes ayudan a superar la perspectiva asimilacionista, y son complementarios en este proceso de deconstrucción.

8.5 Complementariedad entre conceptos y categorías de los dos enfoques y la formación de profesores

Describiremos a continuación, posibles relaciones de complementariedad entre conceptos y categorías de estos dos enfoques con el ánimo de promover la formación de profesores que apliquen, configuren e interpreten abordajes que valoren los conocimientos locales y tradicionales en la enseñanza de las ciencias y que busquen poner en diálogo estos conocimientos tradicionales y sus relaciones con valores, prácticas y actitudes representativas en sus contextos de origen, con los conocimientos científicos escolares, para el reconocimiento de relaciones interculturales entre conocimientos y formas de pensar y actuar en el mundo que se perciban como diferentes, al mismo tiempo en que se preservan objetivos de la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias, inclusive de comprensión de las ideas científicas escolares, y de enriquecimiento de las experiencias, descripciones y conocimientos de los estudiantes con las ideas y prácticas científicas escolares.

En la Figura 8.1 destacamos conceptos como “conglomerados de relevancia”, “perfil conceptual”, “pluralidad de razones” y “perspectiva del nativo”, debido al importante papel que consideramos pueden tener en una conceptualización sobre la inclusión de ideas no científicas y los espacios de diálogo entre distintas formas de conocimiento y modos de conocer en la clase de ciencias. Igualmente, en esta figura destacamos categorías como “comunicar el mundo de la ciencia escolar con el mundo personal de los estudiantes”, “incluir los criterios de valor de los estudiantes”, “alternar entre interacciones multivocales y univocales” y “reconocer y tratar las diferencias culturales”, por las posibilidades que pueden ofrecer para la configuración de estos espacios de diálogo durante la práctica pedagógica.

Figura 8.1. Conceptos y categorías para una conceptualización, configuración e interpretación de los espacios de diálogo entre distintas formas de conocimiento y modos de conocer en el aula de ciencias.



Fuente: Elaboración propia.

En el eje vertical de la figura, se observan los conceptos “conglomerados de relevancia” y “perfil conceptual”, que permiten dimensionar perspectivas del aprendizaje que se complementan en los espacios de diálogo. En el eje horizontal, se encuentran los conceptos “pluralidad de razones” y “perspectiva del nativo”, que dimensionan interacciones necesarias entre la promoción de una pluralidad cultural en el aula de ciencias, y la inclusión de las ideas de los estudiantes en los espacios de diálogo.

En la parte superior de la figura, resaltase que las categorías “comunicar el mundo de la ciencia escolar con el mundo personal de los estudiantes” e “incluir los criterios de valor de los estudiantes”, proponen la conformación de los espacios de diálogo a partir de la creación de puentes entre los conocimientos científicos escolares y los conocimientos locales y tradicionales, así como la incorporación de los criterios de valor que sustentan las ideas de los estudiantes que participan en las clases. Esto puede facilitar la comprensión, el respeto y la valoración de las ideas y conocimientos, valores, actitudes y prácticas, de los estudiantes y sus comunidades, así como el encuentro con las ideas científicas escolares. En la parte inferior de la figura, complementariamente, las categorías “alternar interacciones multivocales y univocales” y “reconocer y tratar las diferencias culturales” proponen incluir distintas estrategias comunicativas que orienten el abordaje de visiones escolares y tradicionales en la clase de ciencias, así como la configuración de contextos de tratamiento que permitan el desarrollo de los encuentros entre distintas culturas en el salón de clases, y que a la vez promuevan una convivencia con las diferencias, cuando una solución concertada entre las diferencias no sea alcanzada durante estos encuentros.

Finalmente, al lado izquierdo de la figura, el propósito de “comunicar el mundo escolar de la ciencia escolar con el mundo personal de los estudiantes” es complementado con el de “reconocer y tratar las diferencias culturales”; mientras a la derecha, el propósito de “alternar entre interacciones multivocales y univocales” se complementa con el de “incluir los criterios de valor de los estudiantes”.

Los anteriores espacios de dialogo propuestos con las interacciones entre los aportes más fundamentales de los dos enfoques estudiados, y propiciados en esta investigación muestran la necesidad de tratarlos en procesos de formación inicial y continuada de profesores y profesoras, en interacción con las comunidades de base; de hecho, son producto de una experiencia concreta en tres instituciones educativas en la comunidad pesquera de Taganga (Magdalena-Colombia), entre los años 2012 y 2014.

8.6 A manera de conclusión

Los dos enfoques abordados anteriormente, se fundamentan en compromisos teórico-filosóficos y experiencias de investigación distintas, tanto pragmáticas como críticas. Las diferencias en los fundamentos de estos enfoques

se reflejan en su posicionamiento distinto en los debates sobre una educación científica multicultural e intercultural, con respecto, por ejemplo, a la consideración de las experiencias y de los conocimientos culturales de los estudiantes, así como sobre la inclusión en la clase de otros conocimientos además de aquellos usualmente considerados científicos. Estos debates incluyen también, distintos posicionamientos en relación a la creación de condiciones para el diálogo a partir de los conocimientos locales y tradicionales en la clase de ciencias, al mismo tiempo en que se preserven los objetivos de la enseñanza de las ciencias, inclusive de comprensión de las ideas científicas (Molina *et al.*, 2013).

Estos son debates que requieren de una profundización en una serie de cuestiones morales y políticas, propias de una situación multi/intercultural compleja, así como de cuestiones teórico-filosóficas, con consecuencias para las cuestiones metodológicas de la investigación educacional, y para la enseñanza escolar de los conocimientos científicos, que precisan de intercambios entre investigadores y profesores con distintas experiencias de investigación y compromisos teórico-filosóficos, lo cual van más allá de los propósitos de esta comunicación. Así este trabajo representa un avance y una provocación para la realización de estos intercambios, mostrando posibles vías para la constitución de diálogos e intercambio de experiencias entre distintos grupos, en Suramérica, y quizás también en otras regiones del mundo, en las cuales la educación científica intercultural se muestre imprescindible a partir del reconocimiento estatal de la condición intercultural de sus poblaciones.

La profundización que se requiere en estos debates implica, por ejemplo, una discusión sobre lo que de hecho se entiende por una educación “multicultural”, “intercultural”, “para la diversidad cultural”, “culturalmente sensible”, “basada en los conglomerados de relevancia”, entre otras expresiones que se encuentran en la literatura, así como para comprender en qué medida estos entendimientos se aproximan o se alejan en sus significados, y el modo como pueden nutrirse y complementarse mutuamente, situación que creemos que ocurrió en este trabajo, mostrándose muy productiva y enriquecedora. Igualmente, una mayor comprensión sobre los descriptores de los objetivos de aprendizaje que se encuentran en la literatura, como “conocimiento”, “creencia”, “aceptación”, “comprensión”, entre otros, a la luz de variadas perspectivas filosóficas (p. ej., universalistas, críticas, pragmáticas, relativistas), y sobre las relaciones de centro-periferia, de los procesos de colonización y de globalización, y de sus relaciones con las culturas locales,

y programas de educación escolares. También, mayor comprensión sobre el estatuto epistemológico de la ciencia (o, como frecuentemente denominada en la literatura sobre multi- e interculturalismo, ciencia moderna occidental) y de otros modos de conocer, incluyendo los locales y tradicionales, así como sobre procesos de interpretación, representación, delimitación, e hibridación de formas de conocimiento distintas y diversas, en la escuela y en particular en la clase de ciencias.

Por otro lado, con la búsqueda de relaciones de complementariedad entre dos enfoques distintos, configurados en el contexto Suramericano, pretendemos más que dar respuesta a los debates mencionados anteriormente, o posicionarnos de modo categórico entre sus posturas, invitar a distintos actores, tanto escolares, como universitarios y comunitarios, campesinos e indígenas, a desarrollar y sistematizar experiencias en el contexto real de la práctica del profesorado y la investigación educativa en los salones de clase, que contribuyan al enriquecimiento de los debates sobre la educación científica multicultural y/o intercultural.

8.6 Agradecimientos y apoyos

Agradecimientos especiales a la hospitalidad y la ayuda de la comunidad de Taganga y sus instituciones, tanto educativas como de representación pública y pesquera, especialmente a Institución Educativa (I.E) Distrital Taganga, I.E. María Auxiliadora, I.E. Eduardo Carranza, Corporación de Pescadores y Chinchoreros de Taganga, y Cooperativa Integral de Pescadores de Taganga-COOPESTAGANGA. Agradecimientos muy especiales también a los profesores que participaron de los ciclos de intervención e investigación, en 2013, Ariel Cantillo, Fatima Botto-Lubo y Karol Moyano, y en 2014, Nubis Maestre Matos, Yudis Eli Aponte Luna, María Cantillo, Yareiny Rodríguez, Johana Cabrera Villamizar, Aldemar Guerra Zúñiga, y Román Mattos. Agradecimientos también por su invaluable colaboración durante toda la investigación a los señores Carlos Herrera y Juan Asís Tejeda, así como a la señora Nolbis Mattos. D.F. Valderrama-Pérez agradece al “Programa Estudiantes-Convênio de Pós-Graduação – PEC-PG”, de la CAPES/CNPq – Brasil por beca de doctorado, al “Programa Doctoral Becas Colciencias” por crédito educativo, al CNPQ, por beca de Posdoctorado Junior, y a la CAPES, por beca de posdoctorado de los Institutos Nacionales de Ciencia y Tecnología (INCT). A. Molina Andrade agradece el apoyo financiero del CIDC (Universidades Distrital) para la investigación de 2012, y también el apoyo financiero de la EuropeAid en los proyectos de investigación Alternativa

EuropeAid/129-877/C/ACT/RAL-1 Projeto ALFA III, segunda fase 2010 y Acacia Erasmus+ Capacity Building in Higher Education EAC/A0a2014. C.N. El-Hani agradece al CNPq por beca de productividad en investigación nivel 1-B y a la Fapesb y al CNPq por el financiamiento del proyecto de investigación PNX0016_2009, Edital FAPESB/CNPq n°. 020/2009 – PRONEX, y al CNPq y CAPES por el financiamiento del Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia em Estudos Interdisciplinares e Transdisciplinares em Ecologia e Evolução (INCT IN-TREE), Proc. n. 465767/2014-1.

8.7 Bibliografía

Aikenhead, G.S. y Ogawa, M. (2007). Indigenous Knowledge and Science Revisited. *Cultural Studies of Science Education*, 2, 539-620.

Baptista, G. y El-Hani, C.N. (2006). Investigación etnobiológica e ensino de Biología: uma experiência de inclusão do conhecimento de alunos agricultores na sala de aula de Biología. In: P. M. M. Teixeira, (Org.). *Ensino de Ciências: Pesquisas e Reflexões* (pp. 84-96). Ribeirão Preto-Brasil: Holos.

Baptista, G. y El-Hani, C.N. (2009). The contribution of ethnobiology to the construction of a dialogue between ways of knowing: a case study in a Brazilian public high school. *Science & Education*, 18, 1-18.

Boghossian, P. (2002). *Fear of Knowledge: Against Relativism and Constructivism*. Oxford, New York: Oxford University Press.

Bruner, J. (1984). *Acción, pensamiento y lenguaje*. Madrid: Alianza Editorial.

Bruner, J. (1990). *Actos de significado: más allá de la revolución cognitiva*. Madrid, España: Alianza Editorial.

Bruner, J. y Haste H. (1990). *La elaboración de sentido: construcción del mundo por el niño*. Barcelona, España: Paidós.

Candau, V. M. (2006). Diálogos entre diferença e educação. In: Candau, V. M. Candau (Org.). *Educação Intercultural e Cotidiano Escolar* (pp. 121-139). Rio de Janeiro: 7 Letras.

Cobern, W. (1996). World View, theory and conceptual change in science education. *Science Education International*, 80(5), 579-610.

Cobern, W. y Loving, C. (2001). Defining "Science" in a Multicultural World: Implications for Science Education. *Science Education*, 85, 50-67.

El-Hani, C.N. y Bandeira, F. (2008). Valuing Indigenous knowledge: To call it "science" will not help. *Cultural Studies of Science Education*, 3, 751-779.

El-Hani, C.N. y Mortimer, E. (2007). Multicultural education, pragmatism, and the goals of science teaching. *Cultural Studies of Science Education*, 2, 657-702.

El-Hani, C.N. y Sepúlveda, C. (2006). Referenciais teóricos y subsídios metodológicos para a pesquisa sobre as relações entre educação científica e cultura. In: F. Teixeira Dos Santos & M. A. Greca. *Pesquisa em ensino de ciências no Brasil e suas metodologias* (pp. 161-212). Rio Grande do Sul: Unijuí Editora.

El-Hani, C.N., Silva-Filho, W.J. y Mortimer, E.F. (2014). The epistemological grounds of the conceptual profile theory. E. F. Mortimer & C. N. El-Hani (Eds.). *Conceptual Profiles: A Theory of Teaching and Learning Scientific Concepts* (pp. 35-65). Dordrecht: Springer.

Freire, P. (2005). *Pedagogia do Oprimido*. Rio de Janeiro: Paz e Terra.

García Canclini, N. (2004). *Diferentes, desiguales y desconectados. Mapas de la interculturalidad*. Barcelona, España: Gedisa S.A.

Geertz, C. (1987). *La interpretación de las culturas*. México D.F: Editorial Gedisa.

Geertz, C. (1996). *Los usos de la diversidad*. Barcelona: Ediciones Paidós.

Grosfoguel, R. (2006). La decolonización de la economía política y los estudios postcoloniales: Transmodernidad, pensamiento fronterizo y colonialidad global. *Tabula Rasa*, 4, 17-48.

Harding, S. (1994). Is Science Multicultural? Challenges, Resources, Opportunities, Uncertainties. *Configurations*, 2(2), 301-330.

Harding, S. (1998). *Is Science Multicultural?: Postcolonialisms, Feminisms, and Epistemologies*. Bloomington and Indianapolis, IN: Indiana University Press.

Leff, E. (2003). Racionalidad ambiental y diálogo de saberes: sentidos y senderos de un futuro sustentable. *Desenvolvimento e Meio Ambiente Desenvolvimento e Meio Ambiente*, 7: 13-40.

Lopes, A. R. C. Pluralismo cultural em políticas de currículo nacional. En: A. F. B. Moreira (Org.). *Currículo: Políticas e práticas* (pp. 59-79). Campinas: Papirus.

Ludwig, D. (2016). Overlapping ontologies and Indigenous knowledge. From integration to ontological self-determination. *Studies in History and Philosophy of Science*, 59, 36-45.

McCarter, J. y Gavin, M.C. (2011). Perceptions of the value of traditional ecological knowledge to formal school curricula: opportunities and challenges from Malekula Island, Vanuatu. *Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine*.

McKinley, E. (2008). From object to subject: Hybrid identities of indigenous women in science. *Cultural Studies in Science Education*, 3(4), 959-975.

Melo, N. (2015). Contribuciones de los estudios de aula a la enseñanza de las ciencias desde la diversidad cultural. En: W. M. Mora (Comp.) *Educación en ciencias: experiencias investigativas en el contexto de la didáctica, la historia, la filosofía y la cultura* (pp. 87-106). Bogotá, Colombia: Fondo de Publicaciones Universidad Distrital Francisco José de Caldas.

Molina, A. (S.D). Documento de Líneas de Investigación: Enseñanza de la ciencias, contexto y diversidad cultural. Bogotá: Universidad Distrital. Recuperado de: <http://die.udistrital.edu.co>

Molina, A. (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, Doctor en Educación, Facultad de Educación, Universidade de São Paulo, Brasil.

Molina, A. (2002). Conglomerado de Relevancias y formación científica de niños, niñas y jóvenes. *Revista Científica*, (4), 187-200.

Molina, A., Mojica, L. y López, D. (2005). Ideas de niños y niñas sobre la naturaleza: estudio comparado. *Revista Científica*, 7, 41-62.

Molina, A. (2007). "Relaciones entre contexto cultural y explicaciones infantiles acerca del fenómeno de las adaptaciones vegetales". *Nodos y nudos*, 3(23), 3-19.

Molina, A., Martínez, C. A., Mosquera C. J. y Mojica, L. (2009). Diversidad cultural e implicaciones en la enseñanza de las ciencias: Reflexiones y avances. *Revista Colombiana de Educación*, 56, 103-128.

Molina, A. (2010). Una relación urgente: Enseñanza de las ciencias y contexto cultural. En: *EDUCyT Revista Electrónica*, pp. 58-75.

Molina, A. (2012). Contribuciones metodológicas para el estudio de las relaciones entre contexto cultural e ideas sobre la naturaleza de niños y niñas.

En: A. Molina (Ed.). *Algunas aproximaciones a la investigación en educación en enseñanza de las ciencias naturales en América Latina* (pp. 63-88). Bogotá: Universidad Distrital Francisco José de Caldas.

Molina, A. y Mojica, L. (2013). Enseñanza como puente entre conocimientos científicos escolares y conocimientos ecológicos tradicionales. *Magis*, 6, 37-53.

Molina, A. (2015). Línea de investigación enseñanza de las ciencias, contexto y diversidad cultural: estado de desarrollo. *Revista EDUCyT*, 10: 76-81.

Molina, A., Mojica, L., Mosquera, C., Martínez, C., Reyes, J., Cifuentes, M., y Pedreros, R.I. (2011). Pontes no ensino da ciência e diversidade cultural: Perspectivas dos professores. Atas do VIII Encontro Nacional de Pesquisa em Ensino de Ciências, Campinas: ABRAPEC.

Mortimer, E.F. y El-Hani, C.N. (Eds.). (2014). *Conceptual Profiles: A Theory of Teaching and Learning Scientific Concepts*. Dordrecht: Springer.

Mortimer, E. F. y Scott, P. H. (2002). Atividade discursiva nas salas de aula de ciências: uma ferramenta sociocultural para analisar e planejar o ensino. *Investigações em Ensino de Ciências*, 7(3), 283-306.

Mortimer, E.F. y Scott, P.H. (2003). *Meaning Making in Secondary Science Classrooms*. Maidenhead, UK: Open University Press.

Popper, K. (1972). *Objective Knowledge: An Evolutionary Approach*. Oxford, New York, NY: Oxford University Press.

Posner, G.J., Strike, K.A., Hewson, P.W. y Gertzog, W.A. (1982). Accommodation of a scientific conception: Toward a theory of conceptual change. *Science Education*, 66, 211-227.

Raj, K. (2007). *Relocating modern science: circulation and construction of knowledge in South Asia and Europe, 1650-1900*. New York, NY: Palgrave-MacMillan.

Rescher, N. (1995). Pragmatism. In T. Honderich (Ed.). *The Oxford Companion to Philosophy* (pp. 710-713). Oxford: Oxford University Press,

Ricoeur, P. (1995). *Teoría de la interpretación: discurso y excedente de sentido*. México: Universidad Iberoamericana, Siglo XXI Editores.

Ricoeur, P. (2000). *Del texto a la acción*. Argentina: Fondo de Cultura Económica.

Rojas-Curieux, J. (1999). La etnoeducación en Colombia: un trecho andado y un largo camino por recorrer. *Colombia internacional*, 46: 45-59.

Salamanca, M., Molina, A. y Melo, N. (2015). A caneca do salão de classe: quando o lixo já não é lixo. Atas do X Encontro Nacional de Pesquisa em Ensino de Ciências, Águas de Lindóia, SP: ABRAPEC.

Smith, M. y Siegel, H. (2004). Knowing, Believing and Understanding: What Goals for Science Education? *Science & Education*, 13, 553-582.

Sousa Santos, B. (2001). As tensões da modernidade. In: Fórum Social Mundial, Biblioteca das Alternativas. Disponível em: http://www.susepe.rs.gov.br/upload/1325792284_As%20tens%C3%B5es%20da%20Modernidade%20-%20Boaventura%20de%20Sousa%20Santos.pdf, acceso en 17/12/2015.

Tulviste (1998). The cultural-historical development of verbal thinking (M. J. C. Hall, Trans.). New York: Nova Science, 1991.

Valderrama-Pérez, D. F. (2016). Diálogo entre conhecimentos científicos escolares e tradicionais em aulas de ciências naturais: Intervenção e pesquisa na comunidade de Taganga (Magdalena-Colômbia). Tesis doctoral, Doctor en Enseñanza, Filosofía e Historia de las Ciencias, Instituto de Física, Universidad Federal de Bahia, Brasil.

Valderrama-Pérez, D. F. y El-Hani, C.N. Notas sobre a inclusão de conhecimentos tradicionais nas salas de aula de biologia. Atas do IX Encontro Nacional de Pesquisa em Ensino de Ciências. Águas de Lindóia: ABRAPEC.

Valderrama-Pérez, D. F., Molina, A. y El-Hani, C.N. (2015). Dialogue between scientific and traditional knowledge in the science classroom: development study of a teaching sequence in a school in Taganga (Magdalena, Colombia). *Procedia: Social and Behavioral Sciences*, 167, 217-222.

Venegas, S. (2012). Criterios de Análisis en la interpretación de las ideas de naturaleza con el conglomerado de relevancias. *Revista Científica*. 16, 130-140.

Venegas, S. (2015). Diversidad cultural, enseñanza de las ciencias e ideas de naturaleza de niños y niñas. Tesis doctoral. Doctorado Interinstitucional en Educación. Bogotá, Colombia.

Wertsch, J.V. (1991). *Voices of the mind: A sociocultural approach to mediated action*. Cambridge, MA: Harvard University Press.

9. Interculturalidad, conglomerados de relevancias y formación de profesores de ciencias *

*Adela Molina Andrade*⁵²

*Rosa Inés Pedreros Martínez*⁵³

*Andrés Arturo Venegas Segura*⁵⁴

9.1 Introducción

La línea de investigación enseñanza de las ciencias, contexto, diversidad y diferencia cultural (ECDC)⁵⁵ ha permitido desarrollar y dar cuerpo a la idea de orientar la enseñanza de las ciencias desde perspectivas interculturales con el fin de ofrecer una educación científica que dé cuenta de la diversidad y diferencia cultural del país; respuestas que también está siendo investigada en otros países latinoamericanos con diferentes perspectivas (El-Hani y Mortimer, 2007; Baptiste y El-Hani, 2009; Verrangia y Silva, 2010; Sánchez, Sepúlveda, El-Hani, 2013; Quintriqueo y Mcginity, 2009; Bonan, 2017; Bonan, 2017; Rey y Candela, 2017; Marín y Inaipli, 2017).

Ahora bien, al considerar investigaciones realizadas en otros contextos, observamos la emergencia de debates en torno al concepto de cultura importantes. Nos interesa destacar tres perspectivas desarrolladas en el campo de la enseñanza de las ciencias, de las cuales la línea de Investigación ha

52 Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Doctorado Interinstitucional en Educación. INTERCITEC.mara.gracia@gmail.com. amolina@udistrital.edu.co

53 Universidad Pedagógica Nacional, Departamento de física, INTERCITEC, rosapedreros@yahoo.com

54 Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Licenciatura en Biología, INTERCITEC, andresvs85@yahoo.com

55 Desarrollada inicialmente en el ámbito del Doctorado Interinstitucional en Educación, y posteriormente la Maestría en Educación y varias Licenciaturas de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas, como también en la Universidad Pedagógica Nacional.

* Tesis Doctoral Andrés Venegas (2016) Diversidad cultural, enseñanza de las ciencias e ideas de naturaleza de niños y niñas. Doctorado Interinstitucional en Educación, UD.FJDC. Adela Molina Andrade (Directora). Financiado por el CIDC, código 4-601-259-11
Tesis Doctoral Rosa Inés Pedreros (2017) Perfil Conceptual de calor de comunidades culturalmente diferenciadas. Doctorado Interinstitucional en Educación, UD.FJDC. Adela Molina Andrade (Directora).

Línea de investigación Enseñanza de las ciencias, contexto, diversidad y diferencia cultural.

participado; por involucrar fuertemente las particularidades culturales de los estudiantes e involucran sus *ethos* y *cosmovisiones* e intercambios entre *diferentes* valores, creencias y corpus de conocimientos. Al tener en cuenta las dimensiones sustantiva y adjetiva de la cultura, propuestas por García Canclini (2004), sobre las cuales se volverá en el siguiente apartado específicamente en el marco de las investigaciones de la línea de investigación. De una parte, se encuentra que la propuesta desarrollada por Cobern (1991, 1994, 1996 y 2001), en torno a la *Visión de mundo*, que se enfoca en una perspectiva sustantiva o semiótica de cultura (Geertz, 1987), ya que redundante en una descripción de los significados, pero al basarse en una comparación de las visiones de los estudiantes con la visión de la ciencia occidental estándar, aunque el resultado arroja caracterizaciones de los estudiantes al interior de la cultura occidental, finalmente confluye en una evaluación y no en una descripción de la variedad y heterogeneidad cultural.

Por otra parte, las perspectivas de *Enseñanza transcultural de la ciencia* (Aikenhead, 1996, 1997, 2001; Aikenhead, Olugbemiro, Jeddege, 1999) y *conglomerados de relevancias* (Molina, 2000 y 2004; Venegas, 2015; Pedreros, 2015), se enmarcan en la dimensión adjetiva de la cultura al dar cuenta de los contactos entre *diferentes* y de las diferencias al estudiar las aproximaciones de los estudiantes a los fenómenos naturales. En este sentido, la construcción de significados culturales sobre la enseñanza de las ciencias naturales y la idea de naturaleza por parte de grupos indígenas y comunidades diferentes a la sociedad occidental ha sido estudiada a nivel nacional e internacional por diferentes autores, estas dos aproximaciones ponen de presente varios aspectos. Aikenhead y Huntley (1999) explican que los estudiantes, al no encontrarse en un espacio de enseñanza intercultural, se ven obligados a desplazarse desde su cultura de origen a la cultura presente en la ciencia escolar. Este desplazamiento en algunos casos es traumático y perjudicial para ellos, pues se enfrentan a una diversidad de barreras. Los autores argumentan cómo el traspaso de fronteras debe estar mediado por una ciencia intercultural, la cual debe estar en consonancia con los conocimientos tradicionales, de modo que la comunidad asume un papel preponderante en el diseño del currículo.

En el segundo caso, del enfoque de conglomerados de relevancia (Molina, 2000 y 2004; Venegas, 2015; Pedreros, 2015), se asume una postura crítica frente a las formas discriminatorias como son considerados los conocimientos locales y tradicionales, frente a los científicos escolares y aboga por la

búsqueda de un diálogo de los mismos en el espacio de la clase de ciencias. En tal sentido, busca una mejor comprensión de las visiones e ideas (ethos y cosmovisiones), en relación con los fenómenos y el mundo natural; las jerarquías que se constituyen en los espacios de relación intercultural, y como dichas comprensiones (conglomerados de relevancias) coadyuvan al diálogo entre conocimientos en el aula.

9.2 Conglomerados de relevancias

El Conglomerado de Relevancia (CR) es una propuesta desarrollada por Molina (2000, 2002, 2012), es considerada como una perspectiva para pensar el aprendizaje y enseñanza de las ciencias o la educación en ciencias, concebida sobre la base de una conceptualización explícita de las relaciones entre conocimiento y cultura, más específicamente las relaciones entre educación científica y contexto, diversidad y diferencia cultural. Lo anterior, con el convencimiento que estas relaciones deben analizarse y comprenderse en un ámbito intercultural.

Los fundamentos teóricos de los CR están referidos a las ideas sobre el concepto de cultura y de contexto cultural, y asociados con estos los de significado y valor; en los cuales la mediación simbólica es entendida a partir de las ideas de Ricoeur (1995), como síntesis de la experiencia con el lenguaje y con el mundo.

9.2.1 Enfoques culturales y conglomerados de relevancias

Se tiene en cuenta que en el estudio de la cultura los significantes no son síntomas, sino que son actos simbólicos, y la meta es el análisis del curso del discurso social, en tal sentido el concepto de cultura es esencialmente semiótico; en esta perspectiva se adopta el concepto de cultura propuesto por Geertz, quien plantea que:

[...] el hombre es un animal inserto en tramas de significación que él mismo ha tejido, considero que la cultura es esa urdimbre y que el análisis de la cultura ha de ser, por lo tanto, no una ciencia experimental en busca de leyes, sino una ciencia interpretativa en busca de significaciones [...] (Geertz, 1987:20).

Igualmente, considera que la cultura:

[...] denota una norma de significados transmitidos históricamente, personificados en símbolos, un sistema de concepciones heredadas expresadas en formas simbólicas por medio de las cuales los hombres se comunican, perpetúan y desarrollan su conocimiento de la vida y sus actitudes con respecto a esta. (Geertz, 1987:20).

Molina (2000, 2007b), plantea que una cultura trata de acciones simbólicas y estados mentales, lo cual permite avanzar en la caracterización de la relación conocimiento y cultura a partir de conceptos como: mediación, selección, medios, procesos y acciones dotados de sentido, se trata entonces de conceptualizar la dialéctica de la cristalización de los “esquemas de significado” que le dan dirección y un curso concreto a la vida social.

Esta perspectiva semiótica ha permitido importantes avances, al ser incorporada como una perspectiva, en varias investigaciones doctorales⁵⁶ y otras investigaciones, sus desarrollos se resumen en tres campos temáticos: Ideas de naturaleza (Venegas, 2015; Cifuentes, Molina y Melo, 2018; Molina, Mojica y López, 2007; Molina, 2000), Perfil conceptual (Pedreros, 2015) y Concepciones (Molina et al, 2014; Pérez, 2016; Bustos, 2017; Suarez, 2017; Castaño, 2018).

En el caso de las ideas de naturaleza, Venegas (2015) integra las categorías de *ethos* y la *cosmovisión* del enfoque semiótico de cultura de Geertz (1987) al análisis, interpretación y comprensión de las ideas de naturaleza de niños y niñas; al respecto anota:

En consecuencia, los ritos o las ceremonias provocan un conjunto de condiciones anímicas y motivaciones (*ethos*) y al especificar una idea de orden (*cosmovisión*) se amalgaman o fusionan. El *ethos* y la *cosmovisión* permiten un acercamiento a la descripción de la “realidad” por medio de una serie de símbolos (que varían de una cultura a la otra). (Venegas, 2015:12).

Pedreros (2015) y Molina (2000), vincularon el enfoque semiótico con los procesos de conceptualización, en particular para poder establecer que la cultura y más aún la diversidad cultural deben ser consideradas en el aprendizaje de nociones de la ciencia escolar; ya que ellas están determinadas

⁵⁶ Desarrolladas en el marco de la Línea de Investigación Enseñanza de las ciencias, contexto, diversidad y diferencia cultural, en el DIE-UD (Doctorado Interinstitucional en Educación en la Universidad Distrital).

por las culturas de base de los(as) estudiantes. Pedreros (2015), a partir de la perspectiva de Perfil Conceptual (Mortimer, 1994, 1998, 2000 y 2004), vinculada con la perspectiva cultural semiótica (Geertz, 1987), establece que una:

[...] interpretación cultural de los PCC⁵⁷, inicialmente se basó en la significación que se expresan en los modos de pensar y hablar de los estudiantes; posteriormente en la identificación de las zonas que configuran el perfil del concepto de calor y de su relación con un sistema de convicciones, que puede ser apropiado para un determinado contexto, representado en una zona del perfil. (Mortimer, 1994, 1998, 2000, 2004; Pedreros, 2015:188).

En el Caso de Molina (2000), cuando estudia la interrelación entre las explicaciones infantiles (adaptación vegetal) y la diversidad cultural establece que:

Todo contenido explicativo y descriptivo de un conocimiento depende mucho más de relaciones que se tejen significativamente y no solamente de relaciones que se constituyen coherente y lógicamente. Todo dato, información, conocimiento anterior o experiencia mediata o inmediata es incorporada como cuerpo de conocimiento, porque representa algún tipo de tipo de importancia, de la que advienen todo tipo de relaciones, que se constituyen en tramas de significados. (Molina, 2000: 212).

En cuanto a las bases culturales de tales ideas, finalmente este trabajo logra identificar dos tipos de orígenes: (a) uno que se puede identificar con una concepción “moderna” y occidental (posiblemente originado en los trazos sociales de dicha perspectiva y en las visiones escolares de la ciencia enseñada), que se ratifica con la visión “económica” de la adaptación (Sober, 1996) entendida como economía del esfuerzo presente en la idea de ventaja. (b) las ideas de adaptación se identifican los presupuestos a-priori están orientados por una visión de orden natural para la vida, una visión ecológica de la planta, la búsqueda del equilibrio (en todos los casos) y no por una visión a-priori de un planeador externo al fenómeno (Assman, 1996; Bizzo, 1991; Sober, 1996), que corresponde a una perspectiva antropocéntrica judeocristiana occidental. Esta perspectiva puede ser identificada con una visión más cercana a nuestras culturas tradicionales. De otra parte, la presencia de criterios de valor naturalistas, asociados a las culturas tradicionales y locales, también se pueden observar en el trabajo de Cifuentes, Molina y Melo (2018) en niños y niñas del municipio de San Martín de Loba (Bolívar), reconocidos

57 Perfil conceptual de calor.

como miembros de la *cultura anfibia* (Fals Borda, 2012); en sus ideas encontró que obedecen a visiones no antropocéntricas del mundo natural.

Por otra parte, Molina, Mojica y López (2005) tomando como referencia el origen cultural de las ideas de los niños y las niñas, se preguntan por las interrelaciones entre diferentes culturas locales y cómo ellas podrían verse reflejadas en las ideas de naturaleza. Así trabajan con cuatro grupos de niños y niñas: a) urbanos hijos de padres que han vivido en la ciudad de Bogotá; b) hijos y nietos de emigrantes de comunidades campesinas próximas a Cobaría o sus alrededores, por ejemplo del barrio Barranquillita (Bogotá), inmigrantes campesinos de origen U`wa (Sandoval, 2003); c) campesinos de la zona rural del departamento de Boyacá (municipio de Cobaría) con influencia U`wa, y d) U`wa. Los resultados muestran varias interrelaciones entre los grupos culturales que representan con varias jerarquías.

En el caso de las investigaciones sobre concepciones enfocadas desde el contexto, la diversidad y diferencia cultural, y abordadas en varios estudios de nuestro grupo, se amplía más el uso del enfoque semiótico de cultura, pero al considerarse la diferencia cultural nacional, esto es al superar la perspectiva descriptiva que el término de diversidad denota, nos aproximamos a mejores comprensiones que permiten investigaciones y propuestas educativas más ajustadas a las realidades de las comunidades. Una de las claves de este giro, la encontramos en el mismo enfoque semiótico de cultura desarrollado (Geertz, 1987); en tal sentido fue la consideración que las concepciones se tratan de significados públicos, cristalizados y sedimentados en el tiempo. Así:

El significado construido en su trayectoria en el tiempo implica transmisión y sedimentación, que se expresan como concepciones bajo formas simbólicas. Tales formas simbólicas, a partir de medios diferentes, por su parte cumplen un papel de ampliación, expansión y extensión del conocimiento y se transmiten en formas simbólicas –actualizadas– por medios con los cuales los hombres se comunican, se perpetúan y desarrollan. (Molina, 2000: 55).

Suárez (2017), muestra que dicha transmisión y sedimentación de significados públicos, configurados en formas simbólicas, son posibles por la intermediación de las mediaciones (por ejemplo, los REA⁵⁸). Así, las mediaciones y en particular la dimensión pedagógica o la mediación por el *otro*, marca la actividad mental del individuo en el sentido en que sus formas

58 Recursos Educativos Abiertos.

de actuar y de pensar están profundamente enraizadas en el contexto y la cultura e impregnadas en la dinámica sociocultural (Smolka, 2000, citada por Barbosa e Outros).

Bustos (2017) establece que una vía de transmisión y sedimentación de significados en forma de concepciones, en el marco de la formación de profesionales, encuentra que los valores y creencias presentes en las concepciones sobre el territorio de profesionales de Ciencias de la Tierra están asociados con:

[...] hegemonías dominantes de los poderes que luchan por los territorios, manifiestas en confrontaciones, polarizaciones, complementaciones; determinan compromisos de los ciudadanos al entender que el territorio se constituye cuando se vive en él; estas vivencias están culturalmente comprometidas con visiones, identidades, propósitos y sueños de los pueblos que los habitan. (Bustos, 2017: 268).

Pérez (2016) encuentra que las concepciones de biodiversidad (como nuevo énfasis de la naturaleza), entendidas desde una perspectiva semiótica de cultura (Geertz, 1983), ayudan a comprender su complejidad, en su análisis emergen diferentes dimensiones relacionadas con lo ontológico, lo epistémico, lo ético, lo educativo, lo cultural, lo biocultural, lo histórico y lo político.

En Molina *et al.* (2014), se ajusta una metodología que permite explorar las concepciones como significados públicos, para lo cual se acude al enfoque de teorías implícitas (Rodríguez, Rodrigo y Marrero, 1993); igualmente, mediante la adopción de la perspectiva adjetiva de cultura (García-Canclini, 2004a) y apoyados en investigaciones de corte sociocultural en el campo de la geografía, se ha logrado encontrar un enfoque metodológico que dé cuenta que dichas concepciones se originan en comunidades culturalmente diferenciadas (Bustos, 2017).

Finalmente, la consideración más específica de la diferencia cultural que integra dinámicas sociológicas y comunicativas a la perspectiva sustantiva de cultura (Geertz, 1987), que dé cuenta de manera más precisa del panorama de la diferencia cultural, nos permite encontrar otros aspectos complementarios con el enfoque semiótico de cultura; en términos de García-Canclini (2004a) se trata de amplificarlo y de establecer el sentido cultural en la vida social.

Después de realizar una exploración por diferentes normas (Molina, 2016), que permitieran determinar el significado e importancia de la educación para

comunidades diferenciadas culturalmente; y en razón a procesos histórico culturales se verifica, que en el plano de la política pública, se han vinculado los diferentes, los desiguales y los desconectados (García-García-Canclini, 2004a). En el primer caso, las llamadas comunidades en riesgo o vulnerables se relacionarían con la tendencia a asociar a los diferentes (perspectiva antropológica) con los desiguales (perspectiva sociológica); en los cuales, [...] la cultura se vuelve fundamental para entender las diferencias sociales [...] y se acude a una teoría social dedicada a estudiar [...] los sistemas simbólicos y las relaciones de poder [...] (García-Canclini, 2004b:122). En el segundo caso, la globalización generalizada no es perturbada por la existencia de los diferentes y desiguales, estos términos son reemplazados por los incluidos y la excluidos. [...] Desde la acción humanitaria hasta las nuevas formas de militancia se proponen, más que transformar órdenes injustos, reinsertar a los excluidos [...], García-Canclini (2004b: 127). En el caso de las investigaciones sobre concepciones se logran establecer varias hegemonías que han requerido una deconstrucción (Molina *et al.*, 2014; Pérez, 2016; Bustos, 2017; Suárez, 2017; Castaño, 2018) que muestran que las condiciones de vulnerabilidad se tejen en diferentes planos como el ontológico, epistemológico, ético, educativo (incluida la enseñanza de las ciencias), políticas públicas, que tienen una expresión diferenciada en los territorios (Bustos, 2017). Así también, la sociedad se entiende desde la metáfora de la RED; los incluidos son los que están conectados y sus otros son los excluidos, los desconectados.

9.2.2 Contexto cultural y conglomerado de relevancias

Por otra parte, el contexto cultural está relacionado con los siguientes supuestos que se han expuesto en diversas publicaciones como Molina (2000, 2012); Pedreros (2013, 2016); Venegas, (2015); Pérez (2016); Valderrama (2016); Suárez (2017); Bustos (2017).

- La referencia a un contexto para captar un significado y/o sentido de un conocimiento o acción, de los cuales depende que ellos sean compartidos; con lo cual, se pone en evidencia que todos estos usos y acciones simbólicas y cognitivas presentan ambigüedades, dadas por la diversidad de contextos a los cuales nos podemos remitir para captar el significado. La solución a dichas ambigüedades implica criterios de valor que orientan las decisiones frente a las mismas, de acuerdo con aquello que se considera importante, creíble, cognoscible, necesario, conveniente, plausible, legítimo; y que ante

diferentes opciones lo que es más definitivo para tomar una decisión se refiere a jerarquías, que en el caso de nuestra sociedad se han configurado en relaciones interculturales.

- La relación entre significado (como experiencia del lenguaje), cristalización de los esquemas de significado y vida social, están relacionados con aspectos históricos continuidad, o no de significados en una cultura.
- El conglomerado de relevancias tiene en cuenta que los niños, las niñas y los jóvenes elaboran sus propios significados, en los cuales la cultura y las experiencias permiten la significación de sus actos, pensamientos e ideas. De esta manera, cuando los niños y jóvenes se refieren a la naturaleza exhiben los significados que han construido en su cultura (Molina, 2000 y 2012).
- Los significados construidos culturalmente por los niños y las niñas influyen e intermedian en el conocimiento de su mundo. En términos de Molina (2012:79-80), “el significado *intermedia* las aproximaciones de los sujetos a los objetos que se conocen, esta intermediación interviene de diferente manera en el proceso de conocer, ya sea cómo modelos de juicio, cómo criterios de valor, etc.”. En este sentido, la construcción de significados sobre la naturaleza permite que los sujetos tengan experiencias particulares con su mundo, las cuales son expuestas en sus discursos.
- La existencia de procesos de selección acerca de los corpus, los cuales están presentes en las expresiones de los niños, las niñas y los jóvenes, que implican también procesos de significación. Allí cobra importancia el concepto de valor de Ricoeur (2006) y de fuente de conocimiento de Elkana (1983). De esta forma, los niños y las niñas realizan una selección de sus ideas, conocimientos, experiencias, entre otras, cuando se refieren a la naturaleza.
- El lenguaje expresa el significado. Por consiguiente, las explicaciones y afirmaciones de los niños y las niñas sobre la naturaleza están determinados por su cultura que se presenta en el lenguaje; por tanto, puede ser estudiada a partir de sus manifestaciones, sus formas, sus símbolos, entre otros aspectos (Molina, 2000, 2012).
- Los significados culturales expuestos en las explicaciones de los estudiantes pueden ser investigados, “a partir de los símbolos, la representación simbólica, la dinámica de las lenguas, el uso del lenguaje” (Molina, 2012:80).
- Una Visión semiótica de cultura, como la de Geertz (1987), requiere una comprensión de la relación entre acción simbólica y demás acciones humanas. A tal vínculo nos podemos referir de formas diferentes, de acuerdo

con las facetas o énfasis dadas por varios autores, en todo caso, se trata de acciones contextualizadas, porque ellas están *dotadas* de sentido y *significado*. (Molina, 2010: 4).

- La crítica de Young (1999) a la idea de contexto cultural como *disolvente universal* guarda cierta sintonía con la idea de cultura criticada por Geertz (1983), por el contrario, el contexto se trata de un espacio de contacto en donde se comparte la cultura, allí entran en contacto las mentes, a partir de símbolos, signos, etc. (Molina, 2010:6).
- En tal sentido, Middleton y Eduard (1992) anotan que el contexto debe entenderse como un aspecto dinámico, este no es un trasfondo o reservorio en donde se dan las relaciones de conocimiento, ellas, por el contrario, están ancladas a su contexto, ellas están entrelazadas en él. (Molina, 2010:6).

La perspectiva de Conglomerado de Relevancias retoma varios debates y planteamientos de la lingüística sobre el concepto de significado (Blikstein, 1985; Lacoste, 1992) y así sitúa su discusión es dicho contexto conceptual lingüística, en la cual se distinguen dos tendencias, una que no relaciona el contexto con el significado y otra que sí reconoce tal relación. Molina (2010), considera que en la base de todo significado, de todo aquello que es significativo, en el grado de significación, en la misma experiencia de la vida llevada a la experiencia del lenguaje existen valores, CR que expresan, y señalan la importancia, creencia, legitimidad, conveniencia, de aquello que es significativo y que ellos (los conglomerados) remiten a los contextos culturales, en consecuencia ellos podrían erigirse en cristalizaciones (también en sentido histórico y temporal) de los procesos de negociación, dinamización, aceptación, elaboración de significados en una cultura dada (Molina, 2000, 2007a, 2012).

9.2.3 Valores y conglomerados de relevancias

Al respecto de la idea de *valor*, se asume este concepto como decisión planteado por Ricoeur (1995), dado que es una posibilidad concreta para estudiar la relación entre conocimiento y cultura y, permite resolver las opciones de significar lo actual, en el proceso histórico de intercambio cultural en las sociedades. Se considera que las relaciones entre diferentes sistemas de conocimiento son entendidas como intercambios que poseen origen en la conformación de las culturas. Estos intercambios están precedidos por los sistemas de creencias que encuentran un lugar central en la cultura, los

cuales están precedidos por múltiples saberes, experiencias, hábitos, y demás aspectos que evidencian valores enmarcados dentro de una cosmovisión particular, conformando los CR. En concordancia, los intereses, actitudes, emociones, apreciaciones y sistemas de conocimientos, entran en juego en el sistema de creencias, aspectos que se vislumbran en una clase de ciencias como redes de significados para los actores escolares. (Molina, 2000, 2007b).

En los CR se retoma las ideas de Barnes y Bloor (1992) y Elkana (1983), quienes hacen referencia a decisiones, valores, creencias de un contexto más amplio de épocas y culturas y, los planteamientos de Cobern, referidos a la “visión de mundo”, entendida esta como la organización fundamental de la mente, en la cual se incluye el conjunto de presupuestos subyacentes a los actos, pensamientos, disposiciones, juicios, etc. Presupuestos que tienen un carácter tanto ontológico como epistemológico, constituyendo criterios para las apreciaciones de cuales ideas o creencias son válidas y relevantes, es decir, tienen fuerza o alcance para el individuo. Un concepto o una creencia tiene fuerza, si ella ocupa una posición central, es no marginal en el pensamiento del individuo, caso que se muestra relevante para una gran variedad de contextos. (Cobern, 1993, 1994, 1996).

Los CR toman como punto de partida el proceso de construcción cultural de las ideas expresadas por los estudiantes en el aula de clases (Molina, 2002). Las ideas expresadas en el discurso de los sujetos se relacionan con el grado de importancia que otorgan los sujetos a sus experiencias y se pueden estudiar mediante el concepto de CR, dado que permiten caracterizar las visiones, los sistemas de conocimiento y perspectivas sobre el mundo natural, resultantes de los intercambios culturales que se presentan en una sociedad caracterizada por su diversidad cultural. (Molina, 2000, 2004, 2007).

En la perspectiva de los CR, se tiene en cuenta que perspectivas sociológicas, lingüísticas y antropológicas pueden ser un aporte para la interpretación intercultural de las ideas y concepciones. Estas disciplinas al estudiar, entre otros aspectos, los sistemas de creencias (las apreciaciones sobre el mundo, la sociedad, los juicios de valor), los intereses, actitudes y disposiciones frente a los fenómenos y los sistemas culturales (mitos, religiones, etc.), todos ellos en contextos comunicativos y/o institucionalizados, llaman la atención sobre los vínculos del conocimiento con redes de significados. En este espectro y tela de significados gobernados por la cultura, se encuentran aquellos relacionados con el conocimiento y el papel de la escuela y la educación en su constitución. (Molina, 2000, 2008, 2012).

9.3 Investigaciones sobre conglomerados de relevancias

Las investigaciones realizadas que tienen a la base de sus fundamentos los referentes teóricos metodológicos de los CR hacen parte de las búsquedas y apuestas académicas lideradas en la Línea Enseñanza de las ciencias, contexto y diversidad y diferencia cultural del Doctorado Interinstitucional en Educación, sede Universidad Distrital. Dichas investigaciones se han llevado a cabo con comunidades culturalmente diferenciadas en el contexto colombiano. Algunas de las investigaciones realizadas se exponen a continuación.

9.3.1 Sikuanes y llaneros

Esta investigación doctoral (Venegas, 2015) elabora una aproximación interpretativa a las ideas de naturaleza manifestadas en las explicaciones de cuatro estudiantes del cuarto grado de básica primaria, del internado Colegio Agropecuario Silvino Caro Heredia en el departamento del Vichada (Colombia). Los niños y las niñas participantes son de ascendencia sikuaní y llanera; el problema de investigación se refiere a la emergencia y la configuración de perspectivas sobre la naturaleza en un escenario escolar. En tal sentido, las diferentes aproximaciones giran en torno a la pregunta: ¿Qué es la naturaleza? La aproximación a la pregunta de investigación se realizó desde el enfoque de conglomerados de relevancias (Molina, 2000, 2002, 2012). Este permite entender que la aproximación al sentido, debe estar condicionado por las intenciones de quien habla, por sus marcos de referencia (Geertz, 1987), por su condición ontológica del ser en el mundo (Ricoeur, 1995), y por la relación entre el sentido y la referencia (Molina, 2012).

La perspectiva asumida en la investigación toma en cuenta la cultura, el encuentro entre diferentes, la diversidad cultural y las condiciones de las sociedades contemporáneas en sentido adjetivo (García-Canclini, 2004) que permite dar significado y sentido a los múltiples mundos y experiencias manifestadas por los niños y las niñas.

El proceso de metodológico, se realizó a través de la interpretación de narraciones, dibujos y diálogos de los niños y las niñas participantes en la investigación; ellas permiten relaciones con el ethos y la cosmovisión sikuaní y llanera, y los conocimientos de la ciencia escolar.

A través de este proceso, en la idea de naturaleza de los niños y las niñas emergen relaciones con el ethos y la cosmovisión sikuani y llanera, junto con conocimientos escolares de la ciencia, y los criterios de valor en relación con los Conglomerados de Relevancias retoman la historia y la cultura de los pueblos de la Orinoquía colombiana. A manera de ejemplo, Juan en su carta a un extraterrestre donde explica qué es la naturaleza, explica tres tipos de clasificaciones algunas que parten de su contexto y otras desde la escuela: la primera se refiere a todos los seres que corresponden a una misma denominación, los que llama “cajuche”, “saino”, “purre”, “venao”; la segunda, a todos los seres que son animales, plantas e insectos; y la tercera, a todos los seres vivos. En este sentido, según Juan “La naturaleza es amplia y llena de seres vivos como animales; plantas e insectos” (Juan: carta). De acuerdo con lo anterior, las dos primeras clasificaciones se refieren a sus experiencias empíricas y la tercera al conocimiento escolar.

Así, su discurso considera la diversidad de plantas y animales como un elemento fundamental para describir la naturaleza, “en la naturaleza hay muchos animales y plantas” (Juan: carta) y cuando describe a “los animales que hay en los llanos orientales: la danta, el chigüiro, el cajucho, el pavo real, el saino, el venao, el purre” (Juan: carta). Su exposición se articula con la diversidad, ahora con respecto a las serpientes, “cuatro narices, cascabel, macabrel, pudridora, cazadora, loro, guio” (Juan: entrevista), conocimiento asociado a la relación entre estas y el Hombre, donde resalta lo peligroso de estos animales debido a los venenos que pueden inyectar y las laceraciones que pueden ocasionar. Asimismo, comenta sobre los remedios que utilizan en la zona para calmar los síntomas de la mordedura de algunas de estas serpientes: “el chimú [...] Se lo comen y se echan donde le mordió y [...] medio le calma el dolor” (Juan: entrevista). Este conocimiento sobre el efecto del chimú hace parte del contexto cultural de Juan y se fundamenta en su experiencia.

De esta forma, en los diferentes diálogos con los infantes se recrean ideas culturalmente dependientes (Geertz, 1987), que implican intercambios de contenidos (o corpus explicativos) y la negociación entre variados criterios de valor. Para esta investigación, se entiende que las ideas sobre la naturaleza están sujetas a diferentes cambios en los procesos históricos y que los intercambios culturales las dinamizan aún más; aspectos que se manifiestan en sus explicaciones (Elkana, 1983; Glacken, 1967; Knopf, 1987; Molina, Mojica y López, 2005).

Así, la investigación permitió la recuperación de la experiencia con la naturaleza, en forma de juicios de valor, naturalistas, espirituales, emocionales, éticos, estéticos, los cuales ponen de manifiesto la voz de los infantes relacionados con los ethos y la cosmovisión (sikuani, llanero, occidental).

De manera que los conocimientos manifestados son la cristalización de los procesos históricos y sociales que han constituido formas particulares de comprender los mundos de los sujetos, que configuran dinámicas y realidades propias para explicar la naturaleza. Así, es posible argumentar que los saberes tradicionales y ancestrales, se encuentran asociados a los criterios de valor presentes en los conglomerados de relevancias establecidos y tienen un trasfondo sagrado, espiritual, empírico e institucional, los cuales dan cuenta del ethos y las cosmovisiones.

Así, el quehacer docente adquiere un elemento importante, la interpretación sobre la cultura mediada por los conglomerados de relevancias, lo cual permite un acercamiento a las implicaciones contextuales y socioculturales que las configuran la clase de ciencias, situación que las hace diversas, y que justifica esta tendencia de investigación, ya que la educación en ciencias cada vez más está incluyendo perspectivas culturales (diversidad, diferencia y contexto).

De modo que se plantea desde los argumentos mencionados la importancia de la inclusión de los saberes tradicionales y ancestrales en la clase de ciencias naturales, y emerge la preocupación de como la clase se debe convertir en un espacio de diálogo cultural, donde los conocimientos tradicionales y ancestrales, junto con los conocimientos escolares ofrecen un punto de partida para entablar procesos de enseñanza y de aprendizaje culturalmente concordantes. Constituyendo el aula de clases en un escenario para el conocimiento holístico de una multiplicidad de realidades, en los que diferentes elementos del conocer están plasmados y la interpretación de la naturaleza resulta mediada por el diálogo de saberes, para no violentar los sistemas de conocimiento de las comunidades, los niños, las niñas y los jóvenes.

En este punto un aspecto fundamental a tener en cuenta es el carácter holístico de la enseñanza, de manera que las clases de ciencias, se retome un cuidado y respeto hacia la vida (Venegas, 2015), un manejo regulado de la naturaleza, diversos conocimientos sobre la naturaleza que se relacionan

con posiciones éticas, estéticas y emocionales que permiten conocerla y valorarla de múltiples modos, las cuales han sido valoradas y resignificadas desde los estudios con los CR.

Esta implicación educativa plantea directamente la importancia de reconocer desde la formación de profesores la diversidad y la valoración de la inclusión de los saberes tradicionales y ancestrales en la clase de ciencias, elemento que genera la reflexión para el quehacer docente. De esta forma, emerge la preocupación de cómo la clase de ciencias naturales se debe entender como un escenario en el cual predomina el diálogo entre los ethos y las cosmovisiones de diversas comunidades con los conocimientos científico escolares, lo cual permite vislumbrar como el conocimiento de los profesores en formación debe ser sensible a la cultura, al reconocimiento, a la inclusión, y otros aspectos en la formación de los estudiantes.

Se resalta el reconocimiento de saberes diferentes a los de la ciencia occidental junto con los conocimientos escolares que ofrecen un punto de partida para entablar procesos de enseñanza y de aprendizaje culturalmente concordantes. Entonces, una clase de ciencias sensible y pertinente, concordante con la diversidad cultural y los contextos debería contemplar: la diversidad de formas de significar el mundo; el reconocimiento de saberes en la escuela; la recuperación de la experiencia como un punto de partida.

9.3.2 Perfil conceptual y conglomerados de calor en comunidades culturalmente diferenciadas

La investigación se fundamenta en el diálogo de dos perspectivas en la enseñanza de las ciencias naturales: perfil conceptual (PC) y conglomerados de relevancias (CR) para mostrar que la diversidad cultural de una sociedad, en particular la colombiana, está en la base de las visiones de mundo de sus integrantes, y que ellas son amplias y diversificadas, (Pedreros, 2016). El reconocimiento de la diversidad y heterogeneidad de los modos de hablar y de pensar (en este caso sobre el calor) desde la perspectiva del PC (Mortimer, 1994, 1995, 2000, 2001, 2012) posibilitan comprender los compromisos ontológicos y epistemológicos de los participantes, y a su vez, dichos compromisos facilitan una interpretación intercultural a partir de la perspectiva de CR de calor (Molina, 2000, 2002, 2012) de los participantes, para establecer los valores más apreciables en dichas ideas.

El problema de investigación fue ¿qué interrelaciones se encuentran en las relevancias y compromisos epistemológicos y ontológicos subyacentes en las ideas sobre el calor en las ciencias, en las comunidades culturalmente diferenciadas (estudiantes de formación inicial en ciencias, de la Universidad del Cauca en Colombia)? Como preguntas asociadas: ¿cuáles son las ideas de calor en el campo de las ciencias?, ¿cuáles son las ideas de las comunidades culturalmente diferenciadas sobre el calor?, ¿qué relevancias y compromisos epistemológicos y ontológicos subyacen a dichas ideas? y ¿qué aproximaciones se encuentran en dichas relevancias y compromisos?

Como hipótesis de trabajo se asume que es posible distinguir y diferenciar el perfil conceptual de calor en comunidades culturalmente diferenciadas. En términos metodológicos, para poder hacer un análisis de los conglomerados de relevancia tendremos que partir de los compromisos ontológicos y epistemológicos de los participantes ubicados en las zonas del perfil conceptual a partir de las ideas en comunidades culturalmente diferenciadas.

Los referentes de la investigación contemplan los hallazgos y reflexiones de las fuentes documentales revisadas para la construcción del perfil conceptual de calor: Ideas de calor en la historia de la ciencia; significados del calor en investigaciones sobre las ideas alternativas; investigaciones sobre Perfil conceptual de calor (PCC); la cosmovisión nasa y el significado de la palabra calor en dicha cosmovisión. En cuanto a los fundamentos se tuvo en cuenta las propuestas teórico-metodológicas de los perfiles conceptuales y los conglomerados de relevancia y las reflexiones dadas sobre los compromisos ontológicos y epistemológicos.

Metodológicamente la investigación se enmarca en la perspectiva cualitativa con enfoque interpretativo y de análisis cultural, (Guba y Lincoln, 1994). Dicha perspectiva puede ser comprendida como una perspectiva pluralista, interpretativa y abierta que toma como punto de partida las representaciones culturales y sus significados (Rodrigo; Rodríguez y Marrero, 1994).

El análisis cultural se da entre inscripción (descripción densa) y especificación (diagnóstico), (Geertz, 1973; Elkana, 1977; Molina, 2004; Molina, El-Hani, Sepúlveda, López y Mojica, 2004; Molina, 2005a, Bruner, 1988; Ávila, 2006; Molina, 2007). Así, se establece una relación entre las líneas de investigación de perfil conceptual (PC) y conglomerados de relevancia (CR) a partir del análisis de los compromisos ontológicos y epistemológicos.

Para recoger los testimonios y tener evidencias sobre los modos de pensar y hablar de los estudiantes se formularon y eligieron tres situaciones relacionadas con la paleta, el pocillo con chocolate y la fiebre porque responden a las experiencias cercanas de los estudiantes y han vivenciado o tienen alguna referencia de ellas (Pedreros, 2016). La formulación y elección de situaciones, es una de las estrategias que se tienen en cuenta en la Línea de Enseñanza de las ciencias, contexto y diversidad cultural del Doctorado en Educación de la Universidad Distrital porque posibilita recoger las visiones y sentido de mundo de los participantes de las investigaciones, los significados y relevancias, lo cual es necesario cuando se realizan análisis e interpretación cultural como la de la presente investigación.

En la configuración tanto del PCC, como en el establecimiento de los CR se tuvieron en cuenta los compromisos ontológicos y epistemológicos. Particularmente, la identificación de dichos compromisos en cada uno de los ámbitos de la historia y filosofía de la ciencia, las investigaciones sobre ideas alternativas y perfil conceptual de calor, se constituyeron en aspectos relevantes para posteriormente establecer el diálogo con las narrativas que se presentaron en las situaciones definidas para la investigación (paleta, pocillo con chocolate y la fiebre).

La interpretación cultural de los PCC, inicialmente se basó en la significación que se expresan en los modos de pensar y hablar de los estudiantes (Luis de la comunidad estudiante Nasa; Juan de origen campesino y Pablo de la ciudad de Popayán, Cauca); posteriormente en la identificación de las zonas que configuran el perfil del concepto de calor y de su relación con un sistema de convicciones, que puede ser apropiado para un determinado contexto, representado en una zona del perfil, (Mortimer, 1994, 1998, 2000, 2004). Además, las ideas, explicaciones e interpretaciones de las narrativas de los estudiantes posibilitan distinguir las imágenes, fuentes de conocimiento, los símbolos y significaciones que ellos relacionan con los aspectos abordados en las clases que cobran relevancia en el aula. (Molina 2000, 2002). Las ideas expresadas en el discurso de los sujetos se relacionan con el grado de importancia que otorgan los estudiantes a sus experiencias y permiten caracterizar las visiones, los sistemas de conocimiento y perspectivas sobre el mundo natural, resultantes de los intercambios culturales que se presentan en una sociedad caracterizada por su diversidad cultural, como Colombia. (Pedreros, 2016).

9.4 A manera de conclusión

Las reflexiones que se presentan en esta publicación recogen algunas de las conclusiones a las que se llegó en la investigación, (Pedreros, 2016: 230-243). Se distingue en la investigación sobre la noción de calor que se presentan diversas características, de modo que todo estudiante puede poseer más de un significado. Esta diversidad de modos de pensar y hablar acerca del calor abre la opción de un análisis basado en la explicitación de compromisos ontológicos y epistemológicos en la base de estos modos, que permite una conexión con los contextos culturales de las comunidades (Etnia Nasa, campesina y urbana). Dicha diversidad se puede asociar a las diferencias culturales de los participantes, con un marco amplio que da pistas de cómo los conceptos “viajan” de una época a otra, se actualizan e interactúan en contextos específicos como los escolares. (Pedreros, 2016).

En relación con la configuración de las zonas del perfil en las comunidades culturalmente diferenciadas, se distinguieron las zonas denominadas en la investigación como dinámica, almacenamiento, estado, relación con la temperatura y equilibrio en la que coincidieron el pensamiento de los estudiantes Pablo, Juan y Luis; sin embargo, existen acercamientos y distanciamientos en sus compromisos ontológicos y epistemológicos. Una última zona, la del devenir solo se presentó en el pensamiento de Luis, estudiante indígena Nasa.

El reconocimiento de los compromisos ontológicos y epistemológicos, permitió establecer las maneras como las comunidades representadas por Luis (indígena Nasa), Juan (campesino con influencia Nasa) y Pablo (urbano de Popayán), se relacionan con su entorno físico, natural y socio-cultural, lo cual se evidencia en la construcción del perfil conceptual de Calor (PCC) y en las interrelaciones del PPC establecido con los conglomerados de relevancias. La distinción de los compromisos permitió diferenciar las cosmovisiones de cada comunidad, las hibridaciones y cruce de fronteras que se presentan en los modos de hablar de los estudiantes. Lo cual pone de presente, además, la influencia, intercambios e interacciones de dichos PCC y CR y las instancias de formación y el encuentro con sus pares de la universidad (semestre I y II) de la Licenciatura en Ciencias Naturales y Educación Ambiental de la Universidad del Cauca, Colombia.

La interpretación de las narrativas que se establecieron a partir de cada una de las situaciones diseñadas (paleta, pocillo con chocolate y la fiebre), permitió mostrar los contextos de significación, la diversidad y riqueza

epistémica, ontológica y conceptual de las comunidades culturalmente diferenciadas sobre la noción de calor.

En la investigación se pone de presente que las perspectivas de los perfiles conceptuales (PC) y conglomerados de relevancias (CR), se constituyen en perspectivas o referentes teóricos y metodológicos para pensar el aprendizaje y enseñanza de las ciencias o la educación en ciencias.

De otra parte, con respecto a las implicaciones para formación de profesores, asumir los planteamientos de la perspectiva de los Conglomerados de Relevancia (CR) al respecto, significa tener en cuenta el contexto cultural en el cual se realizan dicha actividad. En el caso particular, en Colombia, país que está conformado por comunidades culturalmente diferenciadas, lo cual se constituye en un reto y desafío para la comunidad académica al proponer una enseñanza y aprendizaje de las ciencias que tenga en cuenta la diversidad de sistemas de conocimiento, las visiones de mundo y los modos de pensar y hablar de las comunidades con las cuales se realiza la acción pedagógica. En este sentido los CR se constituyen en un referente teórico y metodológico que permite reconocer el contexto cultural, las creencias, los valores y significaciones que los estudiantes tienen en la relación con su entorno físico y natural. (Pedreros, 2016).

La perspectiva de los CR, así como la de los perfiles conceptuales (PF), se encuentran comprometidas con una educación sensible al contexto, en particular en los CR se buscan soluciones creativas a los conflictos y enfoques culturales divergentes, ubicándola en la perspectiva que se refiere a la instancia escolar del debate de las diferencias, (Molina y otros, 2014), esto se evidencia e infiere en cada una de las investigaciones referenciadas en el apartado anterior.

En cuanto a las instancias de formación de profesores, se hace necesario reflexionar sobre los currículos y planes de estudio en ciencias, dado que si bien se ha avanzado en la mirada de la ciencia como actividad cultural (Elkana 1983; Molina *et al.*, 2014; Geertz, 1994) y la idea sobre el contexto del aula, aún no se orienta su enseñanza y aprendizaje de tal manera que contemple las comunidades culturalmente diferenciadas presentes en la clase. Unas opciones de ello se han venido planteado en la Facultad de Ciencia y Tecnología de la Universidad Pedagógica Nacional, particularmente en el Departamento de Física y Biología, en los cuales, varios trabajos de grado y en varias de las actividades de sus programas contemplan la interacción con comunidades diversas (Ayala, 2015).

También en la Maestría en Educación y el Doctorado Interinstitucional en Educación en la Universidad Distrital, se han proyectado y sistematizando experiencias, así como también se han discutido sus resultados con otros investigadores, con el fin de elaborar perspectivas teóricas y metodológicas, acerca de dichas experiencias e investigaciones y que permitan mejorar y ampliar el espectro de acción. Dichas experiencias empiezan a mostrar la importancia de discutir e investigar sobre la diversidad, diferencia y los contextos culturales y la enseñanza de las ciencias para comunidades, como las presentes, en las instituciones escolares en países como Colombia. (Cortes, 2016; Salamanca et al, 2015; Valderrama y El-Hani, 2015; Valderrama, *et al.*, 2015; Valderrama, 2016; Pedreros, 2016; Suárez, 2017; Bustos, 2017; Melo, 2017).

Las investigaciones que formulen y contemplen en su problema, objetivos, referentes teóricos y metodológicos e interpretación cultural en sus hallazgos generan y aportan en las búsquedas de la comunidad académica otro ámbito de investigación a considerar como el referido a los compromisos ontológicos y epistemológicos y conglomerados de relevancias, dado que se hace necesario comprender y distinguir lo que se encuentra a la base de los paradigmas, teorías, cosmovisiones, marcos o situación epistémica en la historia y filosofía de la ciencia y en las significaciones del y sobre el mundo que ha constituido las comunidades culturalmente diferenciadas, en particular las que se encuentran en el contexto del aula. Lo anterior contribuye a plantear innovaciones en el aula y resignificar la formación inicial de profesores y el enriquecimiento de la formación de los docentes en ejercicio que contribuya en la búsqueda de la diferenciación de la enseñanza transmisionista de la ciencia, de la enseñanza culturalmente diversa de la ciencia.

Plantear la enseñanza y aprendizaje de las ciencias naturales desde la perspectiva Conglomerados de Relevancia lleva a reorientar el sentido en la construcción y formulación del currículo en ciencias particularmente en países como Colombia, pues al tener en cuenta la diversidad de sistemas de pensamiento, los modos de pensar y hablar de los estudiantes, sus creencias y valoraciones genera otros métodos, asunciones y metas en la enseñanza. Luego, se constituye en un reto particularmente para los docentes de ciencias naturales construir referentes apropiados que contemplen los contextos culturales y las exigencias del conocimiento contemporáneo, lo cual genera un compromiso con la práctica política de la enseñanza y aprendizaje en todos los ámbitos del conocimiento, es decir, es el reto y el desafío para la comunidad de docentes, particularmente para Colombia. (Pedreros, 2016).

9.5 Bibliografía

Ayala, C. (2015). Proyecto pedagógico, ciencia, escuela rural y comunidad. Trabajo de Grado. Universidad Pedagógica Nacional.

Aikenhead, G. (1996). Science Education: Border Crossing Into the Subculture of Science. En: *Science Education*, 27, 1-52.

Aikenhead, G. (1997). Toward a First Nations cross-cultural science and technology curriculum. En: *Science Education*, 81, 217-238.

Aikenhead, G. (2001). Integrating Western and Aboriginal Sciences: Cross-Cultural Science". Teaching Research. In: *Science Education*, 31(3), 337-355.

Aikenhead, G, Olugbemiro, J, Jegede. (1999). Cross-Cultural Science Education: A Cognitive Explanation of a Cultural Phenomenon. In: *Journal of Research in Science Teaching*, 36(3), 269-287.

Aikenhead, G. y Huntley, B. (1999). Teachers' views on Aboriginal students learning western and Aboriginal science. In: *Canadian Journal for Native Education*, 23, 159-175.

Assman, H. (1996). Eco-teologia: um Ponto Cego do Pensamento Cristão. *Cad. Hist. Fil. Ci., Campinas*, 3, 6(2), 85-106.

Baptista, G. & El-Hani, Ch. (2009). The Contribution of Ethnobiology to the Construction of a Dialogue Between Ways of Knowing: A Case Study in a Brazilian Public High School. *Science & Education*, 18, 503-520.

Barbosa, A., C., Da Silva, N., S., Da Silveira, C., J. e Da Silva, L., R., L. (2017). Mediação de leitura de textos didáticos nas aulas de química: uma abordagem com foco na matriz de referência do ENEM. *Revista Ensaio*, 18(3), 175-198.

Bizzo, Nelio. (1991). "Ensino de evolução e história do Darwinismo". Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo, Brasil.

Blikstein, I. (1985). *Kaspar Hauser ou A fabricação da realidade*. São Paulo- Brasil: Ed Cultrix.

Bruner, J. y Haste, H. (1990). La elaboración de sentido: construcción del mundo por el niño. Barcelona: Paidós.

Bonan, L. (2017). La formación docente y la creación de materiales didácticos para la educación científica intercultural. En Quintanilla, M. (Compilador). Multiculturalidad y diversidad en la enseñanza de las ciencias, 58-81. Santiago de Chile: Bellaterra Ltda.

Bustos, E. H. (2017). Concepciones de territorio de docentes universitarios formadores de profesionales de las ciencias de la tierra (PCT): estudio comparado en dos universidades públicas ubicadas en contextos culturalmente diferenciados. Tesis doctoral, Colombia: Doctorado Interinstitucional en educación, sede Universidad Distrital Francisco José de Caldas.

Cobern, W. (1991). World view theory and science education research, NARST Monograph (3). En: National Association for Research in Science Teaching.

Cobern, W. (1993). College student's conceptualizations of nature: an interpretative world analysis. *Journal of Research in Science Teaching*. 30, 8: 985-951.

Cobern, W. (1994). World View, culture, and science education. In: *Science Education International*, 5(4), 5-8.

Cobern, W. (1994). Point: Belief, understanding, and the teaching of evolution. *Journal of Research in Science Teaching*. 31, 583-590.

Cobern, W. (1996). Constructivism and Non-Western Science Education Research. In: *International Journal of Science Education*, 4(3), 287-302.

Cobern, W. (1996). Worldview theory and conceptual change. *Science Education*, 80(5), 579-610.

Cobern, W. (2001). A reasoned approach to the teaching of evolution in the public's interest. In: *Tri-annual meeting of the International History, Philosophy and Science*. Teaching Group Denver, CO.

Cobern, W., & Loving, C. (2001). Defining "Science" in a Multicultural World: Implications for Science Education. *Science Education*, 85, 50-67.

Cortes, R. (2016). Innovación-investigación en el aula, puentes entre conocimientos científicos escolares y conocimientos cotidianos: comprensión del embarazo precoz en el 7º grado a partir de las inquietudes de los jóvenes. Trabajo de Maestría en Educación, Universidad Distrital Francisco José de Caldas.

Elkana, J. (1983). La ciencia como sistema cultural: Una visión antropológica. Boletín de la Sociedad Colombiana de Epistemología, III, 10-11 Santafé de Bogotá Colombia.

El-Hani C.N. y Mortimer, E.F. (2007). Multicultural education, pragmatism and the goals of science teaching. *Cultural Studies in Science Education*, 2, 657-687.

Fals Borda, O. (2002). Historia doble de la Costa. Tomo 1, Mompox y Loba. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia, Banco de la República y El Áncora Editores.

García-Canclini, N. (2004a). *Diferentes, desiguales y desconectados. Mapas de la Interculturalidad*. Buenos Aires: Gedisa.

García-Canclini, N. (2004b). Diferentes, desiguales o desconectados. *Revista CIDOB d'Afers Internacionals*, núm. 66-67, pp. 113-133.

Geertz, C. (1987). *Descripción densa, hacia una teoría interpretativa de la cultura*. En *la interpretación de las culturas*. Buenos Aires: Gedisa Editorial.

Glacken, C.H. (1967). *Traces on the rhodian shore: Nature and culture in Western thought from Ancient times to the End of the Eighteenth Century*. Berkeley, University of California Press.

Knopf, R.C. (1987). Human behavior, cognition, and affect in the natural environment. En: D. Stokols, y I. Altman (Eds.). *Handbook of environmental psychology* (pp. 783-825). New York: Wiley.

Marín, F. y Inaipil, C. (2017). Dialogo (nütxamkan) entre dos cosmovisiones (inarumen); Araucanía Andina (Llaimmapu) laboratorio natural como recurso didáctico para el desarrollo de la interculturalidad y la puesta en valor de la biodiversidad (itxofilmongen) en la formación inicial docente). En Quintanilla, M. (Compilador). *Multiculturalidad y diversidad en la enseñanza de las ciencias*, 260-287. Santiago de Chile: Bellaterra Ltda.

McLaren, P. (1997). *Pedagogía crítica y cultura depredadora. Políticas de oposición en la era posmoderna*. Barcelona: Paidós.

Melo-Brito, N. (2017). Los puentes en la enseñanza de las ciencias: un compromiso para comprender las investigaciones sobre las relaciones entre conocimientos científicos escolares y conocimientos ecológicos tradicionales. *Tecné Episteme y Didaxis*, 42(2), 43-61.

Molina, A. (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.

Molina, A. (2002). "Conglomerado de relevancias y formación científica de niños, niñas y jóvenes". *Revista Científica*, 4, 187-200. Bogotá: Universidad Distrital.

Molina, A. (2004). Investigaciones acerca de la enseñanza, el aprendizaje y los textos escolares en la evolución de la vida: enfoques culturales. En: Niño, C., Sepúlveda, C., López, D., Mojica, L. y Espitia, M. *Enfoques culturales en la educación en ciencias. Caso de la evolución de la vida*. Bogotá: Universidad Distrital.

Molina, A. y Mojica, L. (2005). *Enfoques culturales en la educación en ciencias*. Caso de la evolución de la vida. 7-8. Bogotá: Universidad Distrital Francisco José de Caldas.

Molina, A. (2007a). "Relaciones entre contexto cultural y explicaciones infantiles acerca del fenómeno de las adaptaciones vegetales". *Nodos y nudos*, 3(23), 3-19.

Molina, A. (2007b). Para una aproximación al concepto de cultura. Lectura seminario de Investigación. Bogotá: Doctorado interinstitucional en Educación. Sede Universidad Distrital.

Molina, A. (2012). *Contribuciones metodológicas para el estudio de relaciones entre contexto cultural e ideas sobre la naturaleza de niños y niñas*. Bogotá: Universidad Distrital Francisco José de Caldas.

Molina, A., Mosquera, C., Utges, G., Mojica, L., Cifuentes, M., Reyes, J., Martínez, C. y Pedreros, R.I. (2014). Concepciones de los profesores sobre el

fenómeno de la diversidad cultural y sus implicaciones en la enseñanza de las ciencias. Bogotá: Editorial Universidad Distrital Francisco José de Caldas.

Molina, A. (2016) Antecedentes normativos sobre la diversidad y diferencia étnica y cultural en Colombia. Universidad Distrital Francisco José de Caldas: Proyecto ACACIA, Documento de trabajo.

Mortimer, E. F. (1975). Conceptual change or conceptual prolife change? *Science & Education*, 4, 267-285.

Mortimer, E. F. (1994). Evolução do atomismo em sala de aula: Mudança de perfis conceituais. Tese (*Doutorado em Educação*) - Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo, São Paulo.

Mortimer, E. F. (1995). Conceptual change or conceptual profile change? *Science & Education*, 4, 265-287.

Mortimer, E.F. (1998). Multivoicedness and univocality in classroom discourse: an example from theory of matter. *International Journal of Science Education*, (1).

Mortimer, E. F. (2000). Linguagem e Formacao De Conceptos *No Ensino De Ciencias*. Editora UFMG. Belo Horizonte.

Mortimer, E. (2001). Perfil conceptual: Modos de pensar y formas de hablar en las aulas de ciencias. *Infancia y Aprendizaje*, 24, 4.

Mortimer, E.F. y Scott, P.H. (2000). Analysing discourse in the science classroom. En Leach, J., Millar, R. and Osborne, J. (Eds.). *Improving Science Education: the contribution of research*. Milton Keynes: Open University Press.

Mortimer, E. F. y Scott, P. H. (2003). *Meaning making in secondary science classrooms*. Maidenhead, UK: Open University Press.

Mortimer, E.F; Scott, P. y El-Hani, Ch., N. (2009). Bases epistemológicas da abordagem dos perfis conceituais. Submetido ao VII Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências (ENPEC).

Pedrerros, R. (2013). *Diálogos de las perspectivas de perfil conceptual y conglomerados de relevancias*. Revista Magis. pp. 119-131. Bogotá: Universidad Javeriana.

Pedrerros, M. (2016). Perfil Conceptual de calor y Conglomerados de Relevancias en comunidades culturalmente diferenciadas. Tesis doctoral, Colombia: Doctorado Interinstitucional en educación, sede Universidad Distrital Francisco José de Caldas.

Pérez, M^a., R. (2016). Diversidad cultural y concepciones de biodiversidad de docentes en formación inicial de licenciatura en biología. Reflexiones y aportes. Tesis doctoral, Colombia: Doctorado Interinstitucional en educación, sede Universidad Distrital Francisco José de Caldas.

Quintriqueo, S. y McGinity, M. (2009). Implicancias de un modelo curricular mono cultural en la construcción de la identidad sociocultural de alumnos/as mapuches de la IX región de la Araucanía, Chile. *Estudios Pedagógicos (Valdivia)*, 35(2), 173-188.

Rey, J. y Candela, A. (2017). Interacciones dialógicas de sistemas de conocimiento indígenas y afrodescendientes en la clase de ciencias de educación básica. En: Quintanilla, M. (Compilador). *Multiculturalidad y diversidad en la enseñanza de las ciencias*, 82-99. Santiago de Chile: Bellaterra Ltda.

Ricoeur, P. (1995). *Teoría de la interpretación: discurso y excedente de sentido*. México: Universidad Iberoamericana, Siglo XXI Editores.

Salamanca, M., Molina, A., e Melo, N. (2015). A caneca do salão de classe: quando o lixo já não é lixo. Atas do X Encontro Nacional de Pesquisa em Ensino de Ciências, Águas de Lindóia, SP: Abrapec.

Sober, E. (1996). *Filosofía de la Biología*. Madrid, España: Alianza Editorial.

Suárez, O. J. (2017). Recursos educativos abiertos como artefactos culturales: concepciones de los profesores que trabajan en la facultad de ingeniería. Tesis doctoral. Doctorado Interinstitucional en Educación. Bogotá, Colombia.

Valderrama-Pérez, D. F. y El-Hani, C.N. (2015). Notas sobre a inclusão de conhecimentos tradicionais nas salas de aula de biologia. Atas do IX Encontro Nacional de Pesquisa em Ensino de Ciências. Águas de Lindóia: ABRAPEC.

Valderrama-Pérez, D.F., Molina, A. y El-Hani, C.N. (2015). Dialogue between scientific and traditional knowledge in the science classroom: development study of a teaching sequence in a school in Taganga (Magdalena, Colombia). *Procedia: Social and Behavioral Sciences*, 167, 217-222.

Valderrama, D.F. (2016). Diálogo entre conhecimentos científicos escolares e tradicionais em aulas de ciências naturais: intervenção e pesquisa na comunidade de Taganga (Magdalena- Colômbia). Tese Doutoral em Ensino, Filosofia e História das Ciências, na área de concentração em Educação Científica e Formação de Professores.

Venegas, S. (2015). Diversidad cultural, enseñanza de las ciencias e ideas de naturaleza de niños y niñas. Tesis doctoral. Doctorado Interinstitucional en Educación. Bogotá, Colombia.

Verrangia, D. y Silva, P. (2010). Cidadania, relações étnico-raciais e educação. *Educação e Pesquisa*, 36(3), 705-718.

10. Implicaciones para la enseñanza de la combustión a partir del análisis histórico de la experimentación de Scheele⁵⁹

*Henry Giovany Cabrera Castillo*⁶⁰

10.1 Introducción

En los últimos 30 años en el campo de la enseñanza de las ciencias hemos identificado un sin número de investigaciones direccionadas hacia la búsqueda de aportes provenientes de la historia y filosofía de las ciencias (HFC), fue así como aparecieron trabajos interesados en la selección de contenido, la elaboración de instrumentos, experimentos, materiales para la enseñanza (unidades didácticas, libros de texto), el análisis de textos, la inclusión dentro de los programas curriculares temáticas o asignaturas basadas en la HFC y la formación de docentes (Cabrera y Villa, 2018; Matthews, 2009; Niaz, 2002, 2011; Valencia, Muñoz y Cabrera, 2014). En lo que se refiere a la formación de docentes en ciencias naturales, pueden identificarse investigaciones sobre el uso, inclusión y desarrollo de actividades desde la HFC para la formación inicial (Amador, Gallego y Pérez, 2008; Membiela y Vidal, 2005) y la formación en ejercicio (Cuéllar, Quintanilla y Camacho, 2008; Quintanilla, Izquierdo y Adúriz-Bravo, 2005).

Si nos detenemos en los docentes en formación inicial en ciencias naturales, también podríamos mencionar que algunos resultados de investigaciones indican que el proceso académico por el cual transitaron estuvo centrado en el “dominio” de la conceptualización (conceptos, modelos explicativos, teorías), hay preferencia por la solución de ejercicios de lápiz y papel y se acude a los laboratorios solo para realizar experimentos para demostrar los modelos explicativos, las fórmulas y las ecuaciones vistas en las clases (Cortés y De la Gándara, 2006; Gil *et al.*, 1999; Marín y Cabrera, 2017). Esto significa que

⁵⁹ Capítulo derivado del trabajo de investigación doctoral de Cabrera (2016)

⁶⁰ Universidad del Valle, Colombia, henry.g.cabrera.c@correounivalle.edu.co

el panorama académico universitario de las clases de ciencias en la que se les ofrece a los docentes en formación inicial, está marcado continuamente por la separación entre la conceptualización y la experimentación, es decir, que no se promueve la articulación entre ellas.

Otro aspecto que se le suma a la desarticulación anterior, es la importancia y valoración para considerar a los participantes, no aisladamente, sino a través de sus interacciones con otros pares, en los cuales la socialización como una fase de intercambio y defensa de las ideas se vuelve importante, ya que favorece el desarrollo de habilidades cognitivas lingüísticas como la argumentación, la explicación, la justificación, la definición y la descripción (Camacho y Quintanilla, 2008; Castillo, Arellano, Jara y Merino, 2013).

Los dos últimos párrafos permiten decir que la problemática de la fragmentación (a nivel universitario) entre la conceptualización que se ofrecen en las clases de química y la experimentación que practican en los laboratorios, no facilita la adquisición de conocimiento químico en la formación inicial docente en ciencias naturales, por lo tanto, este documento plantea como propósito usar la HFC para encontrar elementos que ayuden a minimizar la fragmentación pero sobre todo que contribuyan en la adquisición de dicho conocimiento por parte de los docentes en formación inicial.

Como estrategia de delimitación, este trabajo tomará como objeto de análisis el caso de la combustión, ya que es considerado fundamental en el proceso de enseñanza-aprendizaje-evaluación de la química (Atkins, 1999, 2005; Gillespie, 1997; Hill, 2010; Kind, 2004a, 2004b) y específicamente abordaremos el análisis histórico de uno de los experimentos reportados en el texto científico histórico *Experiments and observations on different kinds of air*, de Carl Wilhelm Scheele (1742-1786).

10.2 Revisión de antecedentes

En la historia de la química una de las nociones que ha suscitado varios trabajos de investigación ha sido el concepto de combustión. Se han realizado trabajos alrededor de científicos como Hooke (Lysaght, 1937; Turner, 1956), Mayow (Partington, 1956a, 1956b), Stahl (Metzger, 1974), Cavendish (Ducheyne, 2011; Seitz, 2004) y Lavoisier (Gough, 1988; Grimaux, 1888;

Perrin, 1988) con el propósito de sustentar algunas de las contribuciones que ellos realizaron en la consolidación y explicación de la combustión como objeto de estudio. Aquí podemos identificar que los estudios sobre Scheele son escasos, así que aquí radica la importancia de este capítulo.

La revisión de literatura en función de la línea de historia y la filosofía de las ciencias en la enseñanza de las ciencias naturales y específicamente sobre investigaciones que han tenido como objeto de estudio la combustión, permitió determinar una serie de tendencias que a continuación se destacan.

10.2.1 Concepciones y explicaciones de los estudiantes sobre la combustión

Uno de los trabajos que inicialmente analizó la combustión como objeto de estudio fue el de Pfundt (1981), teniendo como base el propósito de identificar si las concepciones especiales de los estudiantes de 8 a 13 años eran desarrolladas en ciertas concepciones preexistentes sobre la combustión del alcohol. Encontró que los estudiantes tenían concepciones como destrucción irreversible de sustancias, una distribución sin transformación de sustancias y una combinación de ambas. Un análisis de fondo en este sentido muestra que en estos estudiantes la idea fundamental –la transformación de la materia– sobre la cual versa el estudio de la química, es considerada únicamente en un solo sentido y por ello las reacciones reversibles no tienen cabida en sus explicaciones. Por otro lado, asumen que lo único que ocurre en una reacción química es una reorganización de la materia en lugar de una transformación de las sustancias.

Al igual que el estudio anterior, pero con la intención de identificar y caracterizar la comprensión de los estudiantes sobre el concepto combustión, BouJaoude (1991) señala que la comprensión de los estudiantes sobre la combustión fue fragmentada, inconsistente y variaba con respecto al conocimiento científico. Por ejemplo, los estudiantes asumían que la cera, el alcohol y el oxígeno no participan activamente en la combustión, las sustancias sometidas no presentaban cambios químicos durante la combustión, términos como evaporación y combustión pueden ser usados indistintamente cuando describe la combustión del alcohol y frases como cambio físico y cambio químico eran usadas indistintamente cuando describían la combustión de las cosas. Al finalizar sus conclusiones o implicaciones para la enseñanza expresan que los profesores deberían diseñar actividades en las clases para

exponer este tipo de comprensión sobre diferentes conceptos de ciencias y usarlos para planear sus actividades de clases.

En función de la última idea, Hesse y Anderson (1992) sugieren que los profesores anticipen los errores conceptuales que afectan el pensamiento de los estudiantes sobre cambio químico, y en relación a la formación de los profesores, manifiestan que pocos de ellos son conscientes de la necesidad de la enseñanza del cambio conceptual. Plantean que “los cambios son necesarios en muchos aspectos de la educación en química, incluyendo libros de texto y materiales, enseñanza en las clases y programas de formación de profesores” (Hesse y Anderson, 1992, p. 296). Interpretamos en este antecedente que hay que realizar cambios en los programas de formación inicial y en ejercicio de los profesores.

Otro de los trabajos ampliamente referenciados en la literatura ha sido el de Prieto, Watson y Dillon (1992). Con el propósito de investigar las explicaciones de los estudiantes sobre combustión lograron evidenciar que la mayoría de los alumnos no hicieron mención al oxígeno o al aire como una característica importante del proceso de combustión, muchos pensaban que un cambio en la forma de una sustancia podía causar un cambio en la masa, y en particular que los gases tenían peso cero o peso negativo.

Por su parte, Mortimer y Miranda (1995) ubican a la combustión dentro de la reacción química; además explican que dentro de las mayores dificultades que enfrentan los estudiantes de enseñanza fundamental o media, es que en ocasiones, para muchos estudiantes, la aparición de nuevas sustancias no es visible. Así mismo, se les dificulta comprender que a pesar de que se conserve la masa en una reacción, “aparezcan” nuevas sustancias, ya que, argumentan, esto actúa en contra del “principio de conservación” y para solucionar esto se recomienda que el estudiante observe y analice varias reacciones químicas hasta que saque sus propias conclusiones, de tal manera que asimile que se conservan los átomos de los elementos químicos.

Entrevemos, en estas primeras investigaciones, que los intereses iniciales han estado dirigidos hacia las concepciones y explicaciones de los estudiantes, en otras palabras, lo que buscaban los investigadores era identificar la información con la que ellos llegan al aula de clases y reconocer que el estudiante como sujeto de aprendizaje debería participar activamente en los procesos que se realizan al interior del aula.

10.2.2 Investigaciones encaminadas hacia la enseñanza de la combustión

Una de las propuestas más citadas en la literatura de la investigación educativa sobre la combustión es la de Meheut, Saltiel y Tiberghien (1985), quienes investigaron en qué medida el estudio de la combustión posibilita la introducción de conceptos relativos a las reacciones químicas. Afirman que las observaciones de los estudiantes los llevan a interpretaciones que están muy lejos de los conceptos de una reacción química entre un combustible y oxígeno, la modificación de las propiedades de un objeto durante los resultados de la combustión de transformaciones separadas de cada una de las sustancias que componen el objeto. Se impone el carácter permanente de algunas sustancias, cumpliendo con la conservación de algunas propiedades (color, olor) y es más difícil aceptar la existencia de agua que la de CO_2 entre los productos de combustión.

Mientras que, enmarcados en un Programa de Ciencia, Gabel, Monaghan, Makinster y Stockton (2001, p. 439) se preguntaron sobre:

¿Cuáles son las opiniones de los niños sobre la quema antes y después de la instrucción? ¿Las opiniones de los niños se vuelven más científicas, es decir, más acordes con los puntos de vista de los científicos, con la instrucción, y si es así, cómo? ¿Los cambios en la comprensión de los niños de la quema está correlacionada con sus edades? (p. 439).

Después de un proceso de instrucción encontraron que había inconsistencias entre las respuestas de los estudiantes cuando resolvían un examen de opción múltiple y las entrevistas, es decir, aunque en el examen reconocían la necesidad del oxígeno en la combustión y en la distinción entre la descomposición y la combustión, en las entrevistas pocos niños podían explicar específicamente lo que estaba sucediendo en los fenómenos.

De igual modo, She y Lee (2008) y Lee y She (2009), al aplicar un proyecto de aprendizaje digital adaptativo, denominado Construcción y reconstrucción de conceptos científicos (SCCR, por sus siglas en inglés) que fue desarrollado con base en la teoría de Modelo dual de aprendizaje situado (DSLIM, por sus siglas en inglés) y el razonamiento científico, sobre lo cual concluyeron que los estudiantes que participaron de éste lograron acertar en más conceptos correctos y adquirirlos más eficazmente que aquellos estudiantes que fueron instruidos convencionalmente.

Otras investigaciones avanzaron hacia el uso de mapas conceptuales como un recurso alternativo a los métodos tradicionales (Dunker, Magntorn y Hellen, 2008) y más recientemente al uso de visualizaciones dinámicas como videos, experimentos, películas y discusiones online con el propósito de dar nuevas oportunidades para que los estudiantes den sentido a los fenómenos científicos y sobre todo para que relacionen aspectos tanto macroscópicos como microscópicos (Zhang y Linn, 2011).

Como síntesis de esta tendencia sobre las investigaciones internacionales encaminadas hacia la enseñanza de la combustión, se destaca que aún después de la intervención en el aula a través de propuestas diferentes a las tradicionales, los estudiantes continuaron desconociendo el papel del oxígeno en la combustión y no consideraron al combustible en la reacción. Las causas posibles radican en que los contenidos que fueron secuenciados se redujeron a los conceptuales y se desdibujaron los contenidos procedimentales y actitudinales, esto coincide con lo que N. Blanco (1991), Calvo Pascual y Martín Sánchez (2005) y Texeira y Coppes-Petricorena (2005) mencionan como la importancia exclusiva que los profesores le han dado al uso de los libros de texto, de esta manera, abandonan la realidad sociocultural a la cual los estudiantes pertenecen (Lorenzo, García-Rojeda y Domínguez, 1987) y mucho menos la asocian con los aportes que la HFC pueden ofrecer a la enseñanza de las ciencias.

10.2.3 Uso de la historia y la filosofía de la ciencia en la enseñanza de la combustión

En cuanto al uso de la HFC en la enseñanza de la combustión tenemos por ejemplo a Paixao & Cachapuz (2000) quienes, con la intención de presentar y discutir un nuevo método de enseñanza de la conservación de la masa en reacciones químicas, reconsideran el papel de la historia de la ciencia, reorganizan y reorientan el trabajo experimental y toman en consideración la perspectiva Ciencia-Tecnología-Sociedad.

Por otro lado, Amador (2006) y Amador, Gallego y Pérez (2008) direccionados hacia la identificación de los modelos mentales explicativos que han elaborado los profesores en formación inicial en química acerca del concepto combustión, concluyen que “los modelos mentales explicativos de los profesores en formación inicial en química, se van modificando y acercándose a los consensos de la comunidad científica” (Amador, 2006, p. 122).

Cuando se refieren a que hubo un acercamiento a los consensos de la comunidad científica están considerando que los profesores en formación inicial iniciaron en un modelo que coincidía con las explicaciones de Stahl y que a través de un proceso de intervención en el aula lograron direccionarlos hacia las explicaciones de Lavoisier.

En esta misma dirección, Ayala, Bustamante, Murillo, Perilla y Gallego (2008) partiendo de un análisis histórico – epistemológico de los modelos de dinámica científica del Flogisto y del Oxígeno y considerando un estudio internalista y externalista de las épocas correspondientes a los modelos en cuestión, confirman que la historia de la química es importante para la enseñanza de la misma ya que se convierte en una herramienta que ayuda en la comprensión del desarrollo y aplicación de la química.

10.3 Aspectos metodológicos

Este trabajo de investigación se adscribió a la *metodología cualitativa de enfoque interpretativo*, debido a que enfatiza en la comprensión e interpretación de la realidad educativa desde los significados de las personas implicadas en los contextos educativos (Latorre, del Rinón, & Arnal, 1996).

10.3.1 Contexto de la investigación

Los Textos Científico Históricos (TCH) son fuentes principales de información, en los cuales se describen, esbozan, representan e incluyen datos relevantes que pueden servir para seleccionar elementos que a través de una combinación pueden integrar el conocimiento químico (García-Belmar y Bertomeu, 1999), de igual manera, permiten descubrir, estudiar y analizar circunstancias, fenómenos, hechos en el abordaje histórico que aclaran o revelan hechos que a la luz de la reconstrucción inteligente, nos permiten imaginar lo que pudo haber sucedido (Rodríguez de Romo, 2011).

En este tipo de material los profesores desde una mirada educativa podrán:

- I. Evidenciar el panorama del conocimiento científico compartido sobre la materia en su momento.
- II. Dilucidar los hechos, los datos, las teorías, los procedimientos, los instrumentos.
- III. Buscar intereses, éxitos y fracasos de los científicos implicados en un periodo extenso de su actividad.
- IV. Identificar

el desarrollo cultural, las corrientes ideológicas o políticas influyentes en el trabajo de los científicos. V. Reconocer los presupuestos que los científicos hacen sin ser forzados, las teorías por las que se desencadenan y las que dejan a un lado (Stiefel, 1996, p. 2).

Debido a que la información que podemos obtener a partir de la revisión de los TCH sería diversa y con diferentes matices en sus direcciones, se hace necesario tener claridad sobre qué es lo que se va a identificar y caracterizar. En este sentido, un paso fundamental para la determinación, identificación y selección de los TCH, requirió valorar criterios como:

- Reconocer la importancia del estudio de caso que se va a analizar (Justi, 1997).
- Consultar libros de historia de la química para identificar en sus referencias bibliográficas aquellos TCH que son pertinentes consultar (García-Arteaga, 2011).
- Inspeccionar en las bases especializadas en materiales históricos la disponibilidad de los TCH (Stiefel, 1996).
- Incluir TCH en los cuales se identifique explícitamente la descripción de experimentos sobre la combustión diseñados, ejecutados y analizados por los científicos.
- Elegir TCH que describan experimentos que sirvieron como fundamento para la continuidad y consolidación de las explicaciones sobre la combustión.

De acuerdo a los criterios B, la consulta de los libros de historia de la química escritos por Brock (1998), Ihde (1984), Leicester (1967), Bensaude-Vincent y Stengers (1997), y Leicester y Klickstein (1952) y la disponibilidad de los materiales históricos permitió determinar que el TCH en el cual se hace referencia a la combustión fue el elaborado por Carl Wilhelm Scheele, en este caso, el capítulo “Experiments and observations on different kinds of air”, publicado en el libro *Chemical observations and experiments on air and fire*.

10.3.2 Análisis histórico de textos científico históricos

De acuerdo con lo que se ha planteado en trabajos previos (Cabrera y García-Arteaga, 2014; Cabrera y Quintanilla, 2014), en la actualidad los trabajos que se realizan en HFC han acudido a los THC, en los cuales se logra identificar sus observaciones, las explicaciones de los científicos, los modelos

teóricos o conceptuales generados, la instrumentación utilizada y los procedimientos experimentales. Cada uno de los THC debe analizarse para determinar aquellos aportes que puedan recontextualizarse en la actualidad y sobre todo que permitan continuar el estudio de los hechos científicos y sus correspondientes problemas.

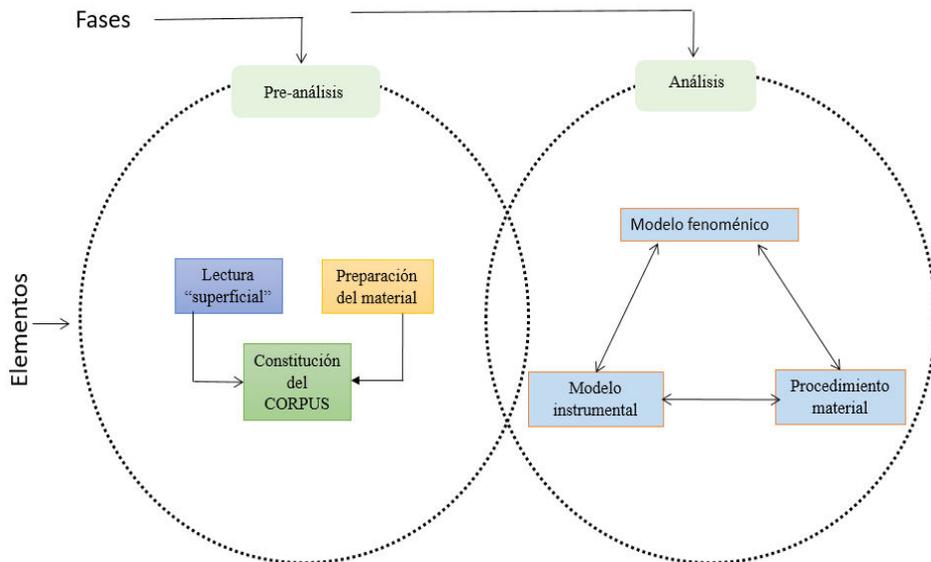
Una opción para alcanzar este propósito es acudir al Análisis Histórico (AH) para establecer un diálogo con él o los científicos que escribieron los THC a través de la formulación de preguntas que permitan escudriñar la lógica que los estructuraba (M. M. Ayala, 2006; García-Arteaga, 2014). Esta indagación permite recuperar ideas, modelos y experimentos que han sido olvidados y relegados en el pasado por la influencia de factores políticos, económicos, sociales y religiosos.

Como ya ha sido presentado previamente en Muñoz, Valencia y Cabrera (2017) y Cabrera (2017) (Figura 10.1), procedimentalmente, el análisis del THC se efectúa en dos fases en las que se involucran aspectos que conforman el procesamiento de los datos obtenidos al analizar el THC: preanálisis y análisis. La fase de preanálisis consiste en disponer del corpus de datos que fueron analizados, para luego iniciar la lectura “superficial” y acercarse a las ideas y explicaciones contenidas en el THC, una tarea paralela que se ha de ejecutar consiste en proceder a la preparación del material; es decir, el THC, que suele ser una imagen digital, se transcribe por medio de un procesador de textos comercial (Word) para llevar a cabo posteriormente el análisis.

La fase de análisis consiste en aplicar el AH para estudiar los THC escritos por los científicos (Scheele en este caso). El propósito es instaurar un diálogo con ellos, para construir desde una perspectiva educativa vínculos con el conocimiento (M. Ayala, 2006; García-Arteaga, 2014). Las acciones que se realizan sirven para identificar lo que Pickering (1989) denomina los elementos estructurales que están presentes en la experimentación, estos son:

- Un procedimiento material (PM), que corresponde a la utilización o manipulación adecuada de los aparatos.
- Un modelo instrumental (MI), que debe tener el investigador para comprender e interpretar el funcionamiento de los instrumentos enfocado hacia la comprensión conceptual del funcionamiento del aparato por parte del experimentador (diseño, realización e interpretación del experimento).
- Un modelo fenoménico (MF), que le sirve al investigador para establecer la conceptualización del fenómeno que se está analizando.

Figura 10.1. Procesamiento de análisis del THC.



Fuente: Tomado de Muñoz, Valencia y Cabrera (2017).

Aunque a simple vista pareciese que no existe relación entre estos tres elementos, es pertinente indicar que en el momento de la producción de los hechos, su relación es coherente, ya que se refuerzan entre ellos; es decir, el procedimiento material se hace explícito cuando se ha interpretado un modelo instrumental y cuando producen hechos dentro del marco de un modelo fenomenico (Pickering, 1989). Reconocer la relación entre estos elementos permite destacar y promover la idea de que a través de las diversas investigaciones de índole científico existe una sincronía entre teoría y experimento. Dicha sincronía se puede evidenciar a través del AH de THC escritos por los científicos, en otras palabras, lo que se pretende es reivindicar que la teoría y la experimentación están en interacción constante, y que su uso o aplicación dependerá de los intereses investigativos; por lo tanto, la realización del análisis del THC de Scheele es un ejemplo mediante el cual se logra visualizar la relación a la que se hace mención.

10.4 Resultados

La consulta e indagación de libros de historia de química permitieron determinar que un científico como Carl Wilhelm Scheele, llevo a cabo diversas investigaciones que circularon en el ámbito académico científico al cual pertenecía. Las investigaciones fueron descritas y narradas en los THC, y los acompañaban de ilustraciones que representaban el montaje de los aparatos e instrumentos que utilizaban. En dichos THC se incluían ideas y explicaciones de los experimentos que ejecutaban en sus laboratorios personales o de las instituciones a las que pertenecían. En las explicaciones de los experimentos se articulaban la teoría y la práctica, es decir, se estructuraban aspectos conceptuales y procedimentales que en conjunto conformaban el conocimiento químico (Bensaude-Vincent y Stengers, 1997; Brock, 1998; Ihde, 1984; Leicester, 1967; Leicester y Klickstein, 1952).

De acuerdo con lo anterior, es fundamental realizar un AH desde una mirada educativa y didáctica que permita alcanzar el propósito que se formuló al inicio del capítulo. Por ello, a continuación se presenta un estudio de caso focalizado principalmente en los experimentos que aparece en el THC, titulado “Experiments and observations on different kinds of air”, capítulo publicado en el libro *Chemical observations and experiments on air and fire*, escrito por Carl Wilhelm Scheele (1780).

10.4.1 Preanálisis del THC

La información que se puede destacar de la lectura superficial es que en el capítulo se describen diversos experimentos vinculados explícitamente con la combustión. Sin embargo, el AH de este apartado se centrará en los experimentos 1 (pp. 16-17), 2 (pp. 79-80), 3 (pp. 17-19) y 4 (pp. 19-20) Scheele (1780) (ver Anexo 1.1).

Como se mencionó en el aspecto procedimental, la preparación del material consistió en transcribir el THC en Word (procesador de textos comercial) para agilizar su revisión, análisis y traducción de términos que en la actualidad han desaparecido. Se debe tener en cuenta y reconocer que los tres elementos (procedimiento material, modelo instrumental y modelo fenoménico) están estructurados, sin embargo, la presentación se hará de manera individual por motivos de organización de escritura.

10.4.2 Análisis del THC

En la historia de la química uno de los experimentos que es ampliamente referenciado y replicado es el que se realiza con la vela, esto se puede evidenciar en el PM siguiente:

Puse una vela encendida en un plato lleno de agua, y luego cubrí la vela con una retorta invertida: inmediatamente después de esto, grandes burbujas de aire salieron del agua, que fueron causadas por el aire expandido por el calor en la retorta; cuando la llama disminuyó en tamaño, el agua comenzó a aumentar en la retorta; después de que el fuego se extinguió, y la retorta se enfriara, encontré que su cuarta parte estaba llena de agua. (Scheele, 1780, p. 19).

La cita anterior desde un punto de vista químico se puede interpretar como el reconocimiento de la reacción de combustión que ocurre al interior de la retorta, es más, destaca la importancia del aire en el recipiente y posiblemente esto lo lleva a justificar que algo se absorbe o libera de la reacción. Aunque para el PM citado no existe una ilustración, Scheele sí incorporó y describió algunos instrumentos (Figura 10.2), en los cuales se logra identificar su MI; por ejemplo, para él era fundamental que existiera la forma de visualizar la diferencia entre la cantidad de aire que estaban al interior de la retorta invertida al inicio del experimento y lo que obtenía al finalizar, es así que la llama de la vela era un indicador del consumo o desprendimiento de algún tipo de aire.

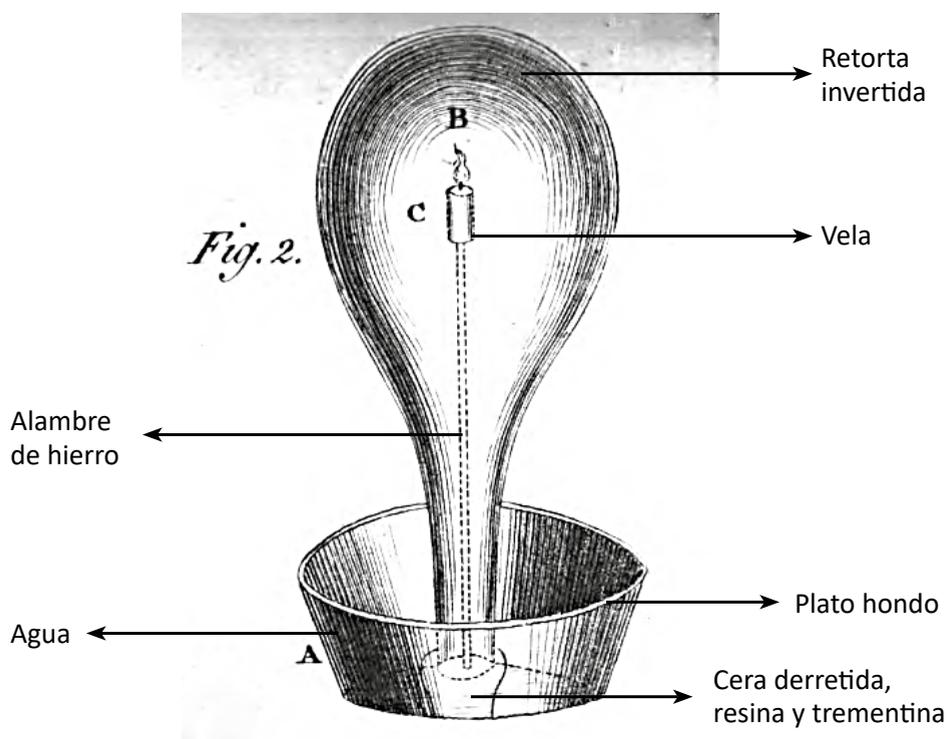
Para Scheele este proceso de experimentar sobre las partes constituyentes del fuego favoreció en su época generar investigaciones sobre el aire, razón por la cual el presenta pruebas mediante las cuales indicaba que una clase de aire, que decidió llamarla *empyreal air* (Aire del Fuego) y que existía en la atmósfera, era uno de los constituyentes que contribuía a la existencia y soporte de la llama.

Ahora bien, la revisión, estudio y análisis de diversos experimentos históricos permitió identificar que Mayow también lo había realizado previamente, la manera como describió su PM fue así:

Coloque una vela encendida en agua de tal manera que la mecha quede cerca de seis dedos de ancho por encima del agua, y luego deje que una copa de cristal invertida de altura suficiente sea expuesta a la luz y sea sumergida inmediatamente en el agua que rodea la luz...debe tenerse en

cuenta que la superficie del agua encerrada dentro del vidrio esté al mismo nivel que el agua... dejar que la copa de cristal se fije firmemente para que pueda descender en el agua, y usted verá, mientras que la luz todavía se quema, que el agua se levanta poco a poco en la cavidad de la copa de cristal. (1907, p. 68).

Figura 10.2. Instrumentos utilizados por Scheele.



Fuente: Tomada de Scheele (1780).

Tenemos entonces que en los PM de Scheele y Mayow se describen observaciones que difieren exclusivamente en la identificación de burbujas que salían del agua, pero coinciden en el aumento de nivel del agua al interior de la retorta y copa de cristal y que la llama de la vela se extinguía, para ambos las preguntas que posiblemente los orientaron fueron ¿A qué se debe la extinción de la llama? ¿La vela encendida qué absorbe del interior de la retorta y copa de cristal? ¿Qué se libera de la vela cuando se apaga en la retorta y copa de cristal?

Orientado por los resultados experimentales que obtenían y la enunciación de las preguntas anteriores, Scheele logró formular un MF mediante el cual afirmaba que “el calor es el fuego elemental; y allí de nuevo, es el efecto del fuego...la luz se difunde a través de todo el espacio de nuestro mundo, por el impulso del fuego elemental, que se pone en un movimiento rectilíneo” (Scheele, 1780, p. 101), de esta manera, se alejaba de las contradicciones a las que habían llegado los químicos sobre el fuego ya que unos decían que el calor era fuego y otros que la luz era fuego.

Dice Ihde (1984, p. 52) que Scheele

creía que el aire combinado con el flogisto escapaba de la sustancia combustible y como resultado se reducía el volumen. *Él* asumía que el flogisto combinado con un componente del aire común y escapaba como calor. Este componente lo llamó “Aire del Fuego” y *él* lo había aislado.

De acuerdo a lo anterior, el término que soportaba el MF de Scheele (1780) era el flogisto al que consideraba como

1. Un elemento verdadero y un principio simple. 2. Puede, por el poder de retención transferirse de un cuerpo a otro; estos cuerpos luego de someterse a cambios importantes, a las que pocas veces están habitados, por el efecto de las partículas de insinuarse en los intersticios de los cuerpos, para repasar sobre la fusión, o incluso en vapores elásticos; y esto indica que es la causa principal de su olor...5. Este elemento entra y sale de las sustancias y se unen con el empyreal Air, el cual penetra los poros de todos los cuerpos. (pp. 103-104).

10.5 Actividades para la enseñanza de la combustión

Desde los análisis de los resultados, la principal implicación para la enseñanza de la combustión, es la formulación del núcleo temático denominado: *Emisión de llama*. Este núcleo puede considerarse como una respuesta a la pregunta ¿qué enseñar de la combustión?

La *emisión de llama* históricamente ha despertado la curiosidad de científicos y científicas ya que se han dado a la tarea de conocer por qué en algunas reacciones químicas se lograba observar este fenómeno particular, sin embargo, en la actualidad esto se ha vuelto tan común que esta situación no alberga ningún sentido ni tampoco implica un esfuerzo o elaboración de

preguntas sobre las razones por las cuales la llama se emite. Es importante resaltar que con solo encender una vela se puede desencadenar un sin número de explicaciones en las que se enfatice en la importancia y necesidad del oxígeno y del material combustible, el papel del fuego/llama, los productos obtenidos y la función de la chispa.

Desde una mirada educativa, el análisis de los resultados permite la formulación de situación problemática como la siguiente:

10.5.1 Situación problema

En la historia de la química uno de los experimentos que es ampliamente referenciado y replicado es el que se realiza con la vela, esto se puede evidenciar en la siguiente narración de (Scheele, 1780, p. 19):

Puse una vela encendida en un plato lleno de agua, y luego cubrí la vela con una retorta invertida: inmediatamente después de esto, grandes burbujas de aire salieron del agua, que fueron causadas por el aire expandido por el calor en la retorta; cuando la llama disminuyó en tamaño, el agua comenzó a aumentar en la retorta; después de que el fuego se extinguió, y la retorta se enfriara, encontré que su cuarta parte estaba llena de agua. (Fragmento de un experimento tomado del libro *Chemical observations and experiments on air and fire*).

Preguntas:

- ¿De qué manera influye el medio en la combustión?
- ¿Basta con que un cuerpo se halle en estado de expansibilidad para que constituya una especie de aire?
- Si tuvieras que determinar los gases que componen el aire atmosférico ¿qué procedimientos experimentales realizarías?
- Realizar variaciones al experimento elaborado por Scheele para determinar la importancia y las características del aire.

En función de lo anterior, existe una tendencia que consiste en la revisión y análisis de TCH con el propósito de identificar las preocupaciones, preguntas, inquietudes, valores, experimentos, procedimientos, fenómenos, instrumentos, materiales y modelos explicativos que eran inherentes a los científicos que participaron en el desarrollo de las ciencias. Como vimos en este caso, el estudio de esta TCH de Scheele sirvió para identificar los elementos estructurales que

hicieron parte de los experimentos que él realizó. Sin embargo, esta información está ausente o ha sido olvidada en la actualidad ya que no es trascendente en los procesos de enseñanza de la química que se llevan a cabo en las universidades donde están formándose actualmente los docentes.

Si rescatamos información a partir del estudio de los TCH, por ejemplo, el diseño y uso de instrumentos y el desarrollo de procedimientos alternativos, podremos ofrecer oportunidades alternas para la adquisición de conocimiento teórico experimental.

10.6 Implicaciones para la formación inicial de profesores de ciencias naturales

Es recomendable en futuras investigaciones avanzar hacia la contrastación entre las ideas de los estudiantes con los obstáculos y dificultades históricas, de esta manera, las asignaturas de química del programa académico de licenciatura, podrán estructurarse con la intención de establecer acciones en la enseñanza de la química que permita reconocerlas para posteriormente superarlas.

Actividades como las anteriores, pueden utilizarse para que los futuros licenciados elaboren escritos mediante los cuales se puedan promover reconstrucciones experimentales por medio de narrativas experimentales que no se limiten en presentar el método científico sino que diversifiquen procedimientos experimentales, se desarrollen habilidades manipulativas y se reflexione sobre las actividades prácticas, cuando se logre lo anterior, se dará un paso fundamental en la articulación entre la teoría y la experimentación, por ello es necesario que los futuros profesores socialicen al interior de las clases de química para construyan el conocimiento que hace parte de cada uno de los instrumentos y los materiales que acompañan la experimentación, en última instancia, se debe promover la elaboración de experimentos mentales como una estrategia para visualizar, predecir y generar nuevos escenarios en los cuales puedan observar diversos comportamientos de los materiales e instrumentos que utilizan en los experimentos.

Finalmente, si se lleva a las clases de ciencias y en este caso química, el estudio de este tipo de actividades, los estudiantes podrán apreciar la creatividad en la elaboración de materiales y los misterios que encierran el diseño de experimentos, los cuales investigados desde una mirada educativa servirán tanto para su propio aprendizaje como para el diseño de propuestas alternas de enseñanza.

10.7 Bibliografía

Amador, R. (2006). *Del modelo del flogisto al modelo de la oxidación. Una aproximación didáctica a la determinación de modelos mentales en la formación de profesores en química*. Bogotá: Universidad Pedagógica Nacional.

Amador, R., Gallego, R. y Pérez, R. (2008). Desde qué versiones epistemológicas construyen modelos mentales los profesores en formación inicial: una investigación didáctica. *Tecné, Epistémé y Didaxis*, (24), 8-22. Recuperado de: <http://revistas.pedagogica.edu.co/index.php/TED/article/view/388>

Atkins, P. (1999). Chemistry: the great ideas. *Pure Applied Chemistry*, 71(6), 927-929.

Atkins, P. (2005). Skeletal chemistry. *Education in Chemistry*, 42(1), 20-25. Recuperado de: <http://scholar.google.com/scholar?hl=en&btnG=Search&q=intitle:SKELETAL+CHEMISTRY#9>

Ayala, A., Bustamante, A., Murillo, M., Perilla, J. G. y Gallego, R. (2008). El flogisto y la oxidación: dos modelos de dinámica científica. *Investigación e Innovación en Enseñanza de las Ciencias*, 2(1), 33-41.

Ayala, M. M. (2006). Los análisis histórico-críticos y la recontextualización de saberes científicos. Construyendo un nuevo espacio de posibilidades. *Pro-Posições*, 17(1), 19-37.

Bensaude-Vincent, B., & Stengers, I. (1997). *Historia de la química*. Madrid: Addison-Wesley Iberoamerica, S.A.

Blanco, N. (1991). Materiales curriculares: los libros de texto. En J. Angulo y N. Blanco (Eds.), *Teoría y desarrollo del curriculum* (pp. 175-185). Madrid.

BouJaoude, S. B. (1991). A study of the nature of students' understandings about the concept of burning. *Journal of research in science teaching*, 28(8), 689-704.

Brock, W. (1998). *Historia de la química*. Madrid: Alianza Editorial.

Cabrera, H. G. (2016). *Aportes a la enseñanza de la química a partir de un estudio histórico filosófico de la experimentación asociada a la combustión para profesores en formación inicial*. Cali: Universidad del Valle.

Cabrera, H. G. (2017). Diseño de situaciones-problema para la enseñanza de la química, a partir del análisis histórico de experimentos de combustión. En M. Quintanilla (Ed.), *La historia de la ciencia en la investigación didáctica, aporte a la formación y el desarrollo profesional del profesorado de ciencias* (pp. 103-120). Santiago de Chile: Editorial Bellaterra.

Cabrera, H. G. y García-Arteaga, E.G. (2014). Historia de las ciencias en la enseñanza de las ciencias: el caso de la reacción química. *Revista Brasileira de História da Ciência*, 7(2), 298-313.

Cabrera, H. G. y Quintanilla, M. (2014). Un análisis de la estructura de dos experimentos asociados a la combustión: algunas implicaciones para la formación inicial docente. En M. Quintanilla, S. Daza y H. G. Cabrera (Eds.), *Historia y Filosofía de la Ciencia. Aportes para una nueva aula de ciencias, promotora de ciudadanía y valores* (pp. 202-216). Bogotá: Belaterra.

Cabrera, H. G. y Villa, M.D. (2018). Diseño de unidades didácticas a partir de estudios de caso histórico científicos. En H.G. Cabrera (Ed.), *Educación en biología: aportes de estudios históricos al diseño de unidades didácticas* (pp. 15-30). Cali: Universidad del Valle.

Calvo, M. A. y Martín-Sánchez, M. (2005). Análisis de la adaptación de los libros de texto de eso al currículo oficial, en el campo de la química. *Enseñanza de las Ciencias*, 23(1), 17-32.

Camacho, J. y Quintanilla, M. (2008). Resolución de problemas científicos desde la historia de la ciencia: retos y desafíos para promover competencias cognitivo lingüísticas en la química escolar. *Ciência & Educação*, 14(2), 197-212.

Castillo, C., Arellano, M., Jara, R. y Merino, C. (2013). Identificación de las habilidades cognitivo lingüísticas en el laboratorio de química en profesores en formación. En IX (pp. 9-12). Girona.

Cortés, A. y De la Gándara, M. (2006). La construcción de problemas en el laboratorio durante la formación del profesorado: una experiencia didáctica. *Enseñanza de las Ciencias*, 25(3), 435-450.

Cuéllar, L., Quintanilla, M. y Camacho, J. (2008). Introducción de la historia de la química en la formación docente. Aportes para un debate teórico

y campo. *III Jornada D`Història de la Ciència I Ensenyament*, 1(2), 109-117. <https://doi.org/10.2436/20.2006.01.64>

Ducheyne, S. (2011). The Cavendish Experiment as a Tool for Historical Understanding of Science. *Science & Education*, 21(1), 87-108. <https://doi.org/10.1007/s11191-011-9382-z>

Dunker, N., Magntorn, O. y Hellden, G. (2008). Efficiency of concept mapping for the conceptual understanding of burning and underlying processes of combustion for elementary school students. En A. J. Cañas, P. Reiska, M. Ahlberg y J. D. Novak (Eds.), *Concept Mapping: Connecting Educators* (pp. 1-6). Helsinki: Tallinn.

Gabel, D. L., Monaghan, D. L., Makinster, J. G. y Stockton, J. D. (2001). Changing children's conceptions of burning. *School Science and mathematics*, 101(8), 439-451.

García-Arteaga, E. (2011). *Las prácticas experimentales en los textos y su influencia en el aprendizaje. Aporte histórico y filosófico en la física de campos*. Universidad Autónoma de Barcelona.

García-Arteaga, E. (2014). Análisis histórico-crítico del fenómeno eléctrico: hacia una visión de campos. *Física y Cultura*, (9), 1-29.

García-Belmar, A. y Bertomeu, J.R. (1999). *Nombrar la materia. Una introducción histórica a la terminología química*. Barcelona: Ediciones del Serbal.

Gil, D., Furió, C., Valdés, P., Salinas de Sandoval, J., Martínez-Torrefrosa, J., Guisasaola, J. y Pessoa de Carvalho, A. (1999). ¿Tiene sentido seguir distinguiendo entre aprendizaje de conceptos, resolución de problemas de lápiz y papel y realización de prácticas de laboratorio? *Enseñanza de las Ciencias*, 17(2), 311-320. Recuperado de: <http://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=94962&orden=23666&info=link>

Gillespie, R.J. (1997). The Great Ideas of Chemistry. *Journal of Chemical Education*, 74(7), 862-864.

Gough, J. B. (1988). Lavoisier and the Fulfillment of the Stahl's Revolution. *Osiris*, 4, 15-33. Recuperado de: <http://www.jstor.org/stable/301741>

Grimaux, E. (1888). *Lavoisier 1743-1794*. Paris: Félix Alcan.

Hesse, J. y Anderson, C. (1992). Students' conceptions of chemical change. *Journal of research in science teaching*, 29(3), 277-299.

Hill, J. (2010). Atkins nine principal ideas of chemistry: Cornerstone concepts of a tertiary foundation chemistry course. *Chemistry Education in New Zealand*, (November), 12-13. Recuperado de: http://nzic.org.nz/chemed-nz/issue-archive/ChemEdNZ_Nov2010_Hill.pdf

Ihde, A. (1984). *The Development of Modern Chemistry*. New York: Dover Publications, Inc.

Justi, R. (1997). *Models in the teaching of chemical kinetics*. University of Reading.

Kind, V. (2004a). *Beyond Appearances: Students' misconceptions about basic chemical ideas* (Second Ed.). London: Royal Society of Chemistry.

Kind, V. (2004b). *Más allá de las apariencias: Ideas previas de los estudiantes sobre conceptos básicos de química* (Primera ed). México, D. F.: Santillana.

Latorre, A., del Rinón, D. y Arnal, J. (1996). *Bases metodológicas de la investigación educativa*. Barcelona: Gràfiques.

Lee, C. y She, H. (2009). Facilitating Students' Conceptual Change and Scientific Reasoning Involving the Unit of Combustion. *Research in Science Education*, 40(4), 479-504. Recuperado de: <https://doi.org/10.1007/s11165-009-9130-4>

Leicester, H.M. (1967). *Panorama histórico de la Química*. Madrid: Alhambra.

Leicester, H.M. y Klickstein, H. (1952). *A source book in chemistry 1400-1900*. New York: McGraw-Hill.

Lorenzo, F., García-Rojeda, E. y Domínguez, J. (1987). Combustión: una actividad abierta (AcAb) para la enseñanza-aprendizaje de las ciencias experimentales. En: *Servicio de Publicaciones e Intercambio Científico* (pp. 73-79). Santiago de Chile: Universidad de Santiago.

Lysaght, D. J. (1937). Hooke's theory of combustion. *Ambix*, 1(2), 93-108.

Marín, M. y Cabrera, H. (2017). Las prácticas experimentales en el libro de texto universitario. Una discusión histórico-didáctica de la reacción química. En: E. G. García-Arteaga (Ed.), *Prácticas experimentales en textos universitarios. Implicaciones en la enseñanza de las Ciencias Naturales* (pp. 67-130). Cali: Universidad del Valle.

Matthews, M. R. (2009). Enseñando las componentes filosóficas y de las formas de ver el mundo de la ciencia: algunas consideraciones. *Revista de enseñanza de la física*, 22(1), 31-42.

Mayow, J. (1674). *Medico-physical Works: Being a Translation of Tractatus Quinque Medico-physici*. London: The Alembic Club.

Meheut, M., Saltiel, E. y Tiberghien, A. (1985). Pupils (11 - 12 year olds) conceptions of combustion. *European Journal of Science Education*, 7(1), 83-93.

Membiola, P. y Vidal, M. (2005). Una investigación sobre actividades prácticas de germinación y combustión en la formación inicial de los maestros. *Enseñanza de las Ciencias* (Número Extra. VII Congreso), 1-4.

Metzger, H. (1974). *Newton, Stahl, Boerhaave, et la doctrine chimique*. Paris: Alcan.

Mortimer, E. F. y Miranda, L. C. (1995). Transformações: concepções de estudantes sobre reações químicas. *Química Nova na Escola*, (2), 23-26.

Muñoz, F., Valencia, E. y Cabrera, H. (2017). Situaciones científicas escolares problematizadoras a partir del análisis del Experimento V de Robert Boyle. *Revista Eureka sobre enseñanza y divulgación de las ciencias*, 14(1), 115-125.

Niaz, M. (2002). Historia y filosofía de las ciencias: necesidad de su incorporación en los textos universitarios de ciencias. *Saber*, 14(1), 68-77.

Niaz, M. (2011). Formación de profesores de ciencias: Una perspectiva basada en la historia y filosofía de la ciencia. *Tecné, Epistémé y Didaxis* (30), 83-90.

Paixao, M. F. y Cachapuz, A. (2000). Mass conservation in chemical reactions: the development of an innovative teaching strategy based on the history and philosophy of science. *Chemistry Education: Research and practice*

in *Europe*, 1(2), 201-215. Recuperado de: <http://pubs.rsc.org/en/content/articlelanding/2000/rp/a9rp90022e>

Partington, J. R. (1956a). The Life and Work of John Mayow (1641-1679). Part One. *Isis*, 47(3), 217-230. Recuperado de <http://www.jstor.org/stable/226889>

Partington, J.R. (1956b). The Life and Work of John Mayow (1641-1679). Part two. *Isis*, 47(4), 405-417. Recuperado de: <http://www.jstor.org/stable/226889>

Perrin, C.E. (1988). Research traditions, Lavoisier and the chemical revolution. *Osiris*, 4, 53-81.

Pfundt, H. (1981). Pre-instructional conceptions about transformations of substances. *Representation of physics and chemistry knowledge*, 320-341.

Pickering, A. (1989). Living in the material world. En: D. Gooding, T. Pinch y S. Schaffer (Eds.), *The uses of experiment: Studies in the natural sciences* (pp. 275-298). Cambridge: Cambridge University Press.

Prieto, T., Watson, J. y Dillon, J. (1992). Pupils' understanding of combustion. *Research in Science Education*, 22, 331-340.

Quintanilla, M., Izquierdo, M. y Adúriz-Bravo, A. (2005). Avances en la construcción de marcos teóricos para incorporar la historia de la ciencia en la formación inicial del profesorado de ciencias naturales. *Enseñanza de las Ciencias* (número extra), 1-4.

Rodríguez de Romo, A. C. (2011). La importancia de los documentos originales para el historiador. *Boletín Mexicano de Historia y Filosofía de la Medicina*, 14(1), 23-25.

Scheele, C. W. (1780). *Chemical observations and experiments on air and fire*. London: J. Johnson.

Seitz, F. (2004). Henry Cavendish: The Catalyst for the Chemical Revolution. *Proceedings of the American Philosophical Society*, 148(2), 151-179.

She, H.C. y Lee, C.Q. (2008). SCCR digital learning system for scientific conceptual change and scientific reasoning. *Computers & Education*, 51(2), 724-742. Recuperado de: <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2007.07.009>

Stiefel, B.M. (1996). Aproximación didáctica a textos científicos originales. *Alambique (Versión electrónica)*, (8), 1-7.

Texeira, J. y Coppes-Petricorena, Z. (2005). Análisis de los libros de texto recomendados por los programas oficiales para el ciclo básico de educación secundaria en Uruguay: El agua como tema de estudio. *Revista Iberoamericana de Educación*, 59(1), 1-8.

Turner, H.D. (1956). Robert Hooke and theories of combustion. *Centaurus*, 4(4), 297-310.

Valencia, E., Muñoz, F. y Cabrera, H. (2014). Análisis de texto histórico desde una mirada educativa: El caso del experimento V de Robert Boyle. En: *Tercera conferencia latinoamericana del grupo internacional de historia, filosofía y enseñanza de las ciencias* (pp. 1-10). Santiago de Chile: Belaterra.

Zhang, Z.H. y Linn, M.C. (2011). Can generating representations enhance learning with dynamic visualizations? *Journal of Research in Science Teaching*, 48(10), 1177-1198. Recuperado de: <https://doi.org/10.1002/tea.20443>

11. La formación inicial de docentes a partir de su interacción en una Comunidad de Desarrollo Profesional *

*Andrea Aristizábal Fúquene*⁶¹

*Álvaro García Martínez*⁶²

11.1 Introducción

A continuación, se presentan algunos aportes y orientaciones relacionados con la formación inicial de docentes, producto de un proceso investigativo en el que se tuvieron en cuenta las contribuciones teóricas y metodológicas actuales relacionadas con el conocimiento profesional del profesor, la didáctica de las ciencias, las comunidades de desarrollo profesional y la naturaleza de las ciencias.

La investigación fue motivada por las problemáticas históricas y actuales que presenta la profesión docente en el país, así como lo poco atractivo que resulta para los jóvenes realizar estudios para formarse como profesores (Licenciaturas). Estas problemáticas se traducen en debilidad y vulnerabilidad de la profesión, que ya se encontraba amenazada por situaciones de carácter social, cultural, político y económico; que se concretan en comportamientos de los profesores caracterizados por la desidia para su ejercicio, desencanto en sus logros, pugnas e inconformidad con las instituciones, con la comunidad educativa, con sus propios colegas y consigo mismo, y la consecuente deserción y menoscabo de su prestigio profesional. De acuerdo con lo anterior, se propuso explorar formas alternas que permitieran a las nuevas generaciones de profesores construir otras miradas sobre la profesión docente con el fin de reconfigurar una nueva identidad profesional docente.

61 Docente Investigadora en Educación. Fundación Universidad Autónoma de Colombia. Doctora en Educación de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Docente catedrática de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas. andrea_aristizabal@hotmail.com

62 Docente Investigador. Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Doctorado Interinstitucional en Educación. alvaro.garcia@udistrital.edu.co

* Tesis Doctoral Carmen Andrea Aristizábal (2018) Fortalecimiento de la identidad docente mediante la interacción en una comunidad de desarrollo profesional a través del uso de la historia de la ciencia. Doctorado Interinstitucional en Educación, UD.FJDC. Álvaro García Martínez (Director). Financiada por el CIDC (código 4-601-389-13).

Los aportes y orientaciones a la formación inicial que aquí se presentan están validados teórica y empíricamente; para lograr esto se realizó la exploración y desarrollo de los ámbitos del conocimiento profesional del profesor (ACPP) que interactúan en una (CODEP), dinamizada por reflexiones, discusiones y consensos acerca de la naturaleza de las ciencias. Lo anterior se concretó en unos atributos o pautas de identidad profesional docente para cada uno de los ámbitos del conocimiento profesional del profesor.

Si bien la investigación y los aportes que se presentan, no tuvieron una finalidad política y evaluativa de la formación docente en el país, si se constituyen y se espera se consideren, como referente para la formación docente a nivel nacional y regional. Lo anterior está en consonancia con el informe de la OCDE (2016) *Revisión de políticas nacionales de Educación: la educación en Colombia*; en este informe comunican que en Colombia no existe un marco nacional de estándares de enseñanza, ni una declaración o perfil que establezca claramente lo que se espera que los profesores sepan y hagan. Allí recomiendan que se definan unos estándares, y que estos deberían estar fundamentados en investigaciones y también reflejar los objetivos educativos que se desean alcanzar. Estos han de definir una visión común de lo que representa una buena enseñanza para la mejora de las prácticas pedagógicas y el establecimiento de orientaciones para las reformas educativas.

De acuerdo con lo anterior, los aportes y orientaciones que se están presentando sobre la formación docente apuntan a la reflexión nacional e internacional del tema, además se generan elementos de dialogo de la pedagogía y la didáctica, y demás campos que emergen de ellas, para consolidar una estructura a modo de atributos y orientaciones que configuran de manera explícita el conocimiento profesional del profesor de ciencias.

11.2 Algunas reflexiones necesarias sobre la formación docente

Con el auge de las tendencias constructivistas en los años ochenta, la formación inicial de profesores comienza a cobrar mayor importancia, con el propósito de determinar cuáles conocimientos y metodologías deberían ofertar las nuevas generaciones. Esto permitió centrar la mirada en los programas de formación, en los que se establece que los docentes llegan a los

procesos de enseñanza con concepciones, conocimientos, valores y creencias que direccionan sus actuaciones en el aula, que se van modificando con la experiencia hacia procesos de desarrollo profesional más cualificados (Mellado y González, 2000).

En la inquietud por determinar una forma más sistemática y fundamentada de aquellos conocimientos profesionales, con los que deben contar los profesores para aprender a enseñar ciencias, desató una intensificación en la investigación en el campo (Furió y Gil, 1989; Shulman, 1986; Gil, 1993; Gess-Newsome y Lederman, 1993; Porlán y Rivero, 1998; Fraser y Tobin, 1998 y 2012, entre otros). Surgieron propuestas curriculares de contenidos y procedimientos que deberían desarrollarse en los programas de formación inicial. Estas propuestas, en principio, establecieron tres ejes fundamentales de formación: conocer los contenidos de las ciencias por enseñar, conocer los aspectos psicopedagógicos esenciales en los procesos de aprendizaje y conocer la didáctica de las ciencias.

De estos tres ejes, se derivaron otros tipos de saberes específicos orientadores del conocimiento profesional y se enlistaron los aspectos históricos y epistemológicos de las ciencias, las dificultades del aprendizaje, las concepciones alternativas, las teorías del aprendizaje, los trabajos prácticos de laboratorio, la evaluación, el currículo, la organización del aula y las relaciones ciencia, tecnología y sociedad. Las anteriores líneas se constituyeron en un corpus de conocimientos articulados con las necesidades contextuales y escolares con sus correspondientes procesos de praxis y de reflexión. Este entramado definió, en principio, parte del conocimiento profesional del profesor que ha venido introduciéndose en los planes de estudio de los programas de formación docente en diferentes países.

Es importante resaltar que estas propuestas curriculares han sido objeto de reflexión, transformación y adaptación en varios países latinoamericanos, entre los que se destaca Colombia, Argentina, Chile, México y Brasil. Estos han sido pioneros en este campo, pues sus investigadores son reconocidos en la didáctica de las ciencias y han permitido la circulación, transferencia y apropiación de este tipo de conocimientos. A continuación, se presenta uno de los aportes al campo de la formación docente y que se constituye en un componente integral en dicha formación.

11.3 Ámbitos del conocimiento profesional del profesor

La exploración y desarrollo de los Ámbitos del conocimiento profesional del profesor (ACPP) es una propuesta que surge como modelo de desarrollo profesional para profesores en ejercicio, sin embargo aquí se presenta y adapta para docentes en formación, puesto que se constituye en un escenario de formación integral; para la presentación de estos ámbitos retomamos las ideas de García-Martínez e Izquierdo (2014).

La exploración y desarrollo de estos ámbitos permite articular todos los conocimientos que orientan la profesión docente; la definición de estos ámbitos son el producto del ejercicio investigativo, de reflexión y construcción de varios años *in situ* con los mismos docentes. Por tanto, se establece que la exploración y desarrollo de cada uno de estos ámbitos de manera consciente, intencionada e incorporada a la formación definen características o atributos de la identidad profesional docente que le son únicos a la profesión, estos son:

11.3.1 El ámbito de conocimientos y estructuras interpretativas

Es un ámbito guiado por el conocimiento de los profesores, al respecto García- Martínez (2009) sostiene que el conocimiento es una parte integral de estructuras complejas y evolutivas de reflexión, interpretación y de acción de los docentes. Por ello, convocar a los docentes a espacios propicios para discutir, debatir y reflexionar sobre los principios de la naturaleza de las ciencias les permite examinar sus puntos de vista y su relación con la actividad científica (Morrison, Raab e Ingram, 2008). En consecuencia, los docentes van transformando esa imagen de la naturaleza de la ciencia y sobre la práctica que ellos mismos ejecutan (Akerson, Cullen y Hanson, 2009).

11.3.2 El ámbito práctico

Van Driel, Veal y Janssen (2001) caracterizan al ámbito práctico con esas acciones que guían al profesor. Es un conocimiento orientado por la acción. En este sentido, propone que establecer una comunidad de práctica (CoP) con los profesores ayuda a situar su aprendizaje en sus propios contextos, ya que interactuar con otros profesores les permite redefinir las formas de aprendizaje sobre diferentes situaciones y crear un ambiente propicio

para fomentar y sostener el cambio en las ideas y sobre la práctica docente (Putnam y Borko, 2000).

Aquí se reconoce que el aprendizaje es social, que las interacciones con los otros son factores determinantes en lo que se aprende y de cómo el aprendizaje se lleva a cabo. Este ámbito práctico se caracteriza por dotar al profesor de una serie de estrategias con sentido, que les permita incorporar en su práctica variedad de aplicaciones y adaptarlas a su enseñanza (Trautmann y MaKinster, 2009). Este ámbito está centrado en crear y brindar estrategias a los profesores como producto del análisis del contexto en el que laboran. El desarrollo y fortalecimiento de este ámbito les permite reflexionar sobre su práctica, revisar y analizar sus conocimientos científicos, así como con grupos de expertos, de seguimiento de lo elaborado y practicado en su labor docente (Bransford, Brown y Cocking, 1999; Freeman, Marx y Cimellaro, 2004; Leach y Scott, 2000; Prawat, 1992; Sparks y Hirsh, 1997).

11.3.3 El ámbito personal

Está constituido por valores, creencias, actitudes e imágenes de sí mismo, la sociedad, la cultura y el tipo de ideologías que orientan el ejercicio profesional (Clarke y Hollingsworth, 2002). En este ámbito personal se considera la satisfacción de los profesores (Freeman *et al.*, 2004), una mirada que puede estar determinada por el éxito en el rendimiento y desempeño de los estudiantes (Costa y Garmston, 1994; Glickman, 1990). Este ámbito personal se relaciona directamente con la identidad profesional docente al considerar aspectos internos del profesor y se constituyen en el epicentro de sus acciones.

11.3.4 El ámbito externo

Es el escenario externo al docente, en el que su desarrollo profesional puede estar condicionado por particularidades de los contextos y de los cambios que se producen a nivel escolar o las iniciativas estatales (Cochran-Smith, 1998; García-Martínez, 2009b). Implica un proceso de autodesarrollo de gestión externa al profesor (Couso, 2002) relacionado con uno interno, en la adquisición de un nivel de competencia profesional máximo, tanto en su trabajo en el aula como en su participación en la comunidad docente. Estos

procesos están apoyados en la reflexión, la comprensión y el control de lo que piensan, sienten y hacen en el aula esos profesores (Marx *et al.*, 1998).

De acuerdo con lo anterior, la exploración y desarrollo de los ámbitos del conocimiento profesional del docente con profesores en formación inicial permite otorgar nuevos significados y sentidos al ejercicio de la profesión, dado que van develando atributos o características de identidad profesional que le son únicos el ejercicio docente. Esto contribuye a su desarrollo profesional, puesto que la exploración y desarrollo de los ámbitos desde cada uno de los atributos de identidad que los configuran permite hacer de manera eficaz y eficiente los procesos educativos.

11.4 El lugar de una comunidad de desarrollo profesional para la exploración y desarrollo de los ACP

De acuerdo con lo expuesto en apartados anteriores, se establece que el trabajo colectivo, colaborativo, de discusión y de reflexión entre grupos de profesores propicia transformaciones en las acciones de los docentes, y que la conformación de una comunidad con esas características fomenta interacciones de crecimiento profesional en el profesor.

La exploración y desarrollo de los ACCP a través de una comunidad hace que se compartan paulatinamente prácticas y referentes que se van construyendo como producto de esa dinámica, que la definen y retroalimentan. La conformación de estas comunidades se ha realizado para profesores en ejercicio. Aquí se introduce una innovación, ya que se realiza con profesores en formación inicial. En este sentido, la conformación de una Comunidad de desarrollo profesional (CODEP) (García-Martínez e Izquierdo, 2014) se concibe como escenario para cuestionar, reflexionar, diseñar y mejorar el ejercicio profesional, en el que se vinculan aspectos personales, profesionales y contextuales; de tal manera, que el docente en formación se convierte en un examinador consciente, riguroso y proactivo del sistema educativo en aras de transformarlo para hacerlo de forma distinta y más efectiva de lo que se está realizando.

Por tal razón, transponer la concepción de CODEP a un ámbito de formación inicial de profesores de ciencias implica tener en cuenta la conformación de una comunidad con características propias de las experiencias de

quienes inician la práctica profesional docente, como parte de su formación; que les permita reconocerse como la nueva generación de profesionales de la educación y, en consecuencia, configuren y reconfiguren su identidad profesional.

De acuerdo con lo anterior, los aportes y orientaciones a la formación docente es la creación de un modelo en el que se explora y desarrolla cada uno de los ámbitos del conocimiento profesional del profesor. Este modelo se sustenta en el siguiente apartado, así como la presentación de las matrices de las que emergieron los atributos de la identidad profesional docente para cada uno de los Ámbitos del Conocimiento Profesional del Profesor.

11.5 Metodología

Los aportes y orientaciones a la formación docente se soportan desde una investigación cualitativa desde la perspectiva sociocrítica y naturalista-interpretativa; el grupo de trabajo se conformó con diez profesores en formación, del programa de licenciatura en química de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas (UDFJC), que iniciaban su práctica profesional docente, habiendo cursado noveno o décimo semestre. Se diseñó e implementó un modelo de intervención docente, con la aplicación de siete instrumentos de recolección de información: Autobiografías, entrevistas, diarios de profesor, unidades didácticas, seminarios de la CODEP, reflexiones didácticas y perfiles profesionales. Para el procesamiento, tabulación y análisis de la información obtenida se acudió al software Nvivo 10.0. En la Figura 11.1 se representa el modelo de formación docente.

Este modelo de intervención docente inicia con un momento de conocimiento de sí mismo. Esta etapa inicial es un punto crucial de partida, puesto que es el que permite al profesor en formación inicial mirarse a sí mismo, las características y cualidades que tiene tanto personales como profesionales y recrear momentos de su vida que han hecho que esté en el lugar en el que está. Si bien puede verse como cíclico, se espera que el proceso no se interprete como si no avanzara; por el contrario, se espera que se interprete con un proceso modular y versátil, en el que se puede iniciar en cualquier punto y generar todas las interacciones posibles en cada momento.

Figura 11.1. Modelo de formación docente.



Fuente: Elaboración de los autores.

En la Tabla 11.1 se describe cada uno de los procesos que se llevan a cabo en el modelo de formación docente.

Tabla 11.1. Momentos del modelo de formación docente.

MOMENTOS	ACCIONES/ACTIVIDADES
MOMENTO 1 CONOCIMIENTO DE SÍ MISMO	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Conformación de la Comunidad de Desarrollo Profesional con estudiantes que inician su práctica profesional docente. Elaboración de autobiografías (narrativa de expectativas personales de la profesión antes, durante y futuras con el compromiso social de la profesión). ✓ Entrevistas personales sobre las expectativas anteriormente mencionadas.
MOMENTO 2 AMBIENTACIÓN Y SENSIBILIZACIÓN	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Acercamiento al contexto socioeducativo (Colegio) de los miembros de la CODEP ✓ Filmaciones y transcripciones de las discusiones y reflexiones en la CODEP en torno a: ¿Quién soy yo? ¿Dónde estoy? ¿Qué voy hacer? ¿Qué puedo hacer? ¿Qué quiero hacer?
MOMENTO 3 CONSOLIDACION DE LOS AMBITOS DEL CONOCIMIENTO PROFESIONAL DEL PROFESOR	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Presentación la propuesta investigativa en función de los ámbitos del conocimiento profesional del profesor. ✓ Socialización de la misión, las funciones y propósitos de la CODEP.
MOMENTO 4 ETAPA DE CONCEPCIÓN Y PLANIFICACIÓN DOCENTE	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Socialización y discusión de los planes de estudios para los diferentes niveles de acuerdo con la normatividad (estándares curriculares, Decreto 1290, PEI de la IED., Plan decenal 2006-2016 y Cumbres Mundiales). ✓ Socialización y discusión en torno a la Naturaleza de las Ciencias, bajo el lema. ¡Que no te cuenten la Historia, reconstrúyela! ✓ Diseño de los materiales Educativos bajo el siguiente núcleo problémico: ¿Qué elementos ha de poseer una propuesta educativa (enseñanza) que relacione la Naturaleza de las ciencias con los propósitos de enseñanza (contenidos y competencias) para el grado correspondiente que promueva identidad cultural en un país como Colombia?

MOMENTOS	ACCIONES/ACTIVIDADES
<p>MOMENTO 5</p> <p>SOCIALIZACIÓN Y AJUSTE DE MATERIALES EDUCATIVOS.</p>	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Socialización, discusión y ajuste de la propuesta de enseñanza para los diferentes cursos. ✓ Preparación de las actividades por desarrollar con los estudiantes. ✓ Definición de las formas de evaluación y criterios de evaluación de las actividades propuestas. ✓ Socialización de las actividades ante la CODEP. ✓ Ajuste de las actividades
<p>MOMENTO 6</p> <p>APLICACIÓN DE LA ESTRATEGIA</p>	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Presentación de la propuesta de enseñanza a los estudiantes. ✓ Desarrollo de las actividades con los estudiantes ✓ Evaluación de las actividades con los estudiantes. ✓ Retroalimentación del trabajo con los estudiantes ✓ Autoevaluación de la estrategia a la luz de los ámbitos y de otros emergentes.
<p>MOMENTO 7</p> <p>SOCIALIZACIÓN, EVALUACION Y DISCUSIÓN DE LA APLICACIÓN DE LA ESTRATEGIA</p>	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Elaboración de los diarios de profesor en el que narre la experiencia vivida descrita desde cada uno de los ámbitos del conocimiento profesional. ✓ Compartir en la CODEP la experiencia vivida. ✓ Definición de aciertos, desaciertos y ajustes a las propuestas.
<p>MOMENTO 8</p> <p>EVALUACIÓN DEL PROCESO DE INTERVENCIÓN DOCENTE DESDE LOS AMBITOS</p>	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Una vez realizado este proceso, durante algunas semanas se identifica el tipo de interacciones que se produjeron y el tipo de contribuciones se suscitaron en la CODEP desde cada uno de los ámbitos, que permitan definir algunas características de la identidad profesional docente. ✓ Se elaboran las reflexiones docentes producto de la experiencia vivida.
<p>MOMENTO 9</p> <p>DEFINICIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS DE LA IDENTIDAD PROFESIONAL DOCENTE EN PROFESORES</p>	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Una vez socializada la experiencia vivida expresada de forma escrita (diario de profesor) y de forma oral en la CODEP, cada uno de los profesores de química en formación inicial elabora un perfil de identidad profesional para profesores de química en formación inicial. ✓ Se socializa este perfil ante la CODEP.

Fuente: Elaboración de los autores.

Para las interpretaciones e inferencias de la información obtenida a través de las fuentes (instrumentos) para la configuración de la identidad profesional docente del grupo de profesores en formación, se crearon dos matrices: la primera (M1), corresponde a la síntesis de los fundamentos teóricos sobre los Ámbitos del Conocimiento Profesional del Profesor (ACPP) y su relación con la Identidad Profesional Docente (IPD), y la segunda (M2), que emerge de la número 1, en la que se precisan las categorías, subcategorías y atributos deseables de la identidad profesional docente para cada uno de los ámbitos del conocimiento profesional del profesor.

Estas matrices se constituyen en los aportes y orientaciones en la formación docente, puesto que son el producto de articular las contribuciones actuales sobre formación docente, modelos de desarrollo profesional, comunidades de práctica, didáctica de las ciencias y naturaleza de las ciencias. El establecimiento de relaciones desde todas esas perspectivas que hablan de la formación docente como un campo autónomo e independiente, permitieron establecer de manera concreta atributos de identidad profesional para cada uno de los ámbitos del conocimiento profesional del profesor.

Matriz 1. Síntesis de los fundamentos conceptuales de los ámbitos del conocimiento profesional del profesor en función de la identidad profesional docente y la comunidad de desarrollo profesional.

Contextualización

Las dinámicas de cambio, que se viven constantemente y que afectan los sistemas educativos, requieren de procesos que renueven y permitan transformaciones en las formas de pensar y proceder en estos sistemas, en el que uno de sus protagonistas lo constituyen los profesores. Por tal razón, el diseño, exploración e implementación de modelos de intervención docente, que permitan promoverlos a una experiencia satisfactoria para ellos, de eficacia en los estudiantes y de resultados positivos para el sistema, es el punto central de investigaciones y de organizaciones que promueven propuestas y programas de Modelos de Desarrollo Profesional Docente.

Los propósitos anteriores han motivado la conformación de comunidades como un escenario colectivo de reflexión, discusión, acción y evaluación,

para generar ambientes de aprendizaje más colaborativos, promoviendo la articulación entre la teoría y la práctica pedagógica y didáctica. Este tipo de experiencias promueve el desarrollo profesional desde modelos de colaboración, que ofrecen nuevas oportunidades para hacer del ejercicio profesional una experiencia provechosa para sus estudiantes y para el escenario laboral en general. Dentro de una comunidad de desarrollo profesional, se requiere de espacios de interacción para la solución de problemas de forma colaborativa que le den continuidad y soporte a la comunidad (Brody y Hadar, 2011). Por otra parte, por la naturaleza de esta investigación se asume que Comunidad de Desarrollo Profesional conformada con profesores en formación inicial de química, propicia ambientes para reflexionar, construir y adoptar posiciones de su Identidad Profesional (Chong, Low y Goh, 2011).

De acuerdo con lo anterior, para la investigación se consideraron las siguientes posturas teóricas que contribuyen a los procesos de contrastación empírica para determinar la forma y elementos emergentes que permiten ir configurando-reconfigurando su IPD desde lo trabajado en la CODEP.

Comunidad de Desarrollo Profesional (CODEP)

En el capítulo del marco teórico, se presentaron las diferentes elaboraciones que se han establecido para las CODEP. En la investigación se tuvo en cuenta principalmente la propuesta de García-Martínez (2009), puesto que influenció en la conformación de una comunidad de desarrollo profesional para profesores en formación inicial. Esta propuesta establece que una comunidad de desarrollo profesional es un grupo de profesores que se reconocen como tales, que discuten crítica y reflexivamente sobre un objeto de estudio e investigación, sea sobre la enseñanza y sobre el aprendizaje en el aula y en la institución o sobre otros fenómenos propios del ejercicio docente, y que los condicionan para la toma de decisiones al respecto. Esta comunidad comparte paulatinamente prácticas y referentes que se van construyendo como producto de esa dinámica, que la definen y retroalimentan.

De acuerdo con lo anterior, la autora de esta investigación propone que las comunidades de desarrollo profesional en docentes en formación inicial son escenarios de integración, articulación y movilización de saberes propios de la docencia y de las disciplinas en particular; en el que, a través de

procesos de interacción, discusión, reflexión, transferencia, colaboración y transformación, se le otorga valor y sentido a la profesión docente. En estos procesos están implícitos pensamientos, emociones y acciones que redefinen constantemente el ejercicio de la profesión que favorecen escenarios de cualificación permanente, de interacción educativa prometedora para la mejora de la calidad en educación ciencias.

Una de las características de los profesores que aceptan pertenecer a una CODEP se relaciona con la autoeficacia, al respecto las posturas que se comparten son las siguientes:

Moran *et al.* (1998) describen la autoeficacia del docente como “las creencias del profesor en su propia capacidad para organizar y ejecutar los cursos de acción necesarios para llevar a cabo con éxito una tarea docente específica en un contexto particular”.

Por su parte Tschannen-Moran, Hoy y Hoy (1998) proponen un modelo que sugiere que la autoeficacia del maestro se produce como resultado de la interacción entre el análisis de la enseñanza en el contexto y el análisis de las capacidades personales de enseñanza. Las creencias de autoeficacia resultantes influyen en las metas de los docentes, su gasto de esfuerzo y su capacidad de recuperación ante las dificultades. Los docentes con mayores niveles de autoeficacia tienden a estar abiertos a nuevas ideas, demuestran mayores niveles de planificación y de entusiasmo, y se comprometen con su profesión. Los fundamentos anteriores se constituyen en una síntesis que direccionan en parte la creación de las categorías, subcategorías y atributos deseables para definir las características de la IPD desde cada uno de los ámbitos del conocimiento profesional del profesor.

Fuente: Elaboración de los autores.

En la Tabla 11.2 se sintetizan las posturas de la investigación y se constituyen en los fundamentos desde donde son interpretados y comprendidos los textos y las acciones de los participantes de la investigación. La tabla contiene tres columnas: la primera se refiere al ámbito del conocimiento profesional que se impactará; la segunda columna contiene la(s) categoría(s) que se definieron para el respectivo ámbito, y la tercera, los fundamentos conceptuales y metodológicos que orientan la propuesta. En la Matriz 11.2 se presentan los fundamentos conceptuales que se enuncian a modo de premisas para la definición y diseño de los atributos deseables.

Tabla 11.2. Fundamentos de interpretación.

Ámbito	Categorías	Fundamentos Conceptuales
PERSONAL	CONOCIMIENTO DE SI MISMO	<p>El conocimiento de sí mismo puede ser una habilidad tan simple como compleja, si no se disponen de elementos que permitan identificarse y diferenciarse de los otros. Desde esta perspectiva, se hace necesario brindar algunos principios que orienten las características personales y sociales que se han configurado en el transcurso de la vida del profesor en formación inicial. Cuando se le pregunta a una persona que se defina, no es fácil encontrar respuestas inmediatas y espontáneas, porque requiere de una multiplicidad de aspectos y de recordar momentos que son movidos por emociones y el contexto socio-cultural en el que se está inmerso. Por ello, se pretende partir de algunos principios para indagar en los profesores en formación estas características, que lo definan así mismo, mediante un trabajo reflexivo sobre su historia de vida, sus expectativas personales y profesionales para ir configurando características de su identidad profesional. Algunos fundamentos de orden teórico y metodológico que se tendrán en cuenta son los siguientes:</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Nos conocemos a nosotros mismos mediante un acto de conocimiento unificado de acciones y eventos del pasado junto a acciones y eventos futuros que anticipamos (Polkinghorne, 1991, en Bolívar, 2006). ✓ Cuando contamos nuestras propias historias es como nos damos a nosotros mismos una identidad (Ricoeur, 1999). ✓ Entrar en el terreno de las propias creencias, para recoger palabras significativas, supone la coherencia entre el decir y hacer, considerando cómo el sujeto justifica lo que hace, aporta razones de por qué ha procedido de determinada manera, expresa estados vivenciales o acontecimientos de su trayectoria de vida “para” comprender la forma en que los sujetos construyen sus definiciones de sí mismos y de los otros, sus concepciones de mundo y por tanto sus identidades (Bolívar, 2006). ✓ En el autoanálisis retrospectivo guiado, los sujetos son conducidos a reconstruir su historia de vida (Bourdieu, 1999). ✓ En una comunidad de lenguaje permite leer la realidad y construir la identidad en el relato (D Jean Clandinin y Connelly, 2000). ✓ Las personas construyen su identidad haciendo un relato, que no solo es un recorrido del pasado sino un modo de recrearlo en un intento de descubrir un sentido e inventar el yo. Supone un ejercicio reflexivo de autodescubrimiento del significado que han tenido los acontecimientos y experiencias que han jalonado su vida (Bolívar, 2006).

Ámbito	Categorías	Fundamentos Conceptuales
<p>CONOCIMIENTO Y ESTRUCTURAS INTERPRETATIVAS</p>	<p>CONOCIMIENTO DIDÁCTICO</p>	<p>Lugar del conocimiento y la actividad científica en los profesores: Establecimiento de los vínculos del conocimiento con la identidad profesional.</p> <p>El conocimiento didáctico configura una parte del entramado de saberes del conocimiento del profesor. En esa necesidad y deber de comunicar “algo”, se van visibilizando elementos de orden personal y profesional que van definiendo características de la identidad, porque ha sido influido por lo político-normativo, lo social, lo cultural y personal. La comprensión de las interacciones de estos factores le permite orientar su ejercicio profesional. Estos factores son considerados cuando concibe y diseña su estrategia de enseñanza y lo que esperaría de ella. Reflexiones en torno a lo planeado-desarrollado y logrado son fundamentales del proceso.</p> <p>Las siguientes premisas son fundamentos orientadores entre las relaciones del conocimiento del profesor y la forma cómo se va configurando la identidad profesional docente.</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ “(...) El conocimiento del profesor es narrativamente encarnado en la forma como encuentra en el mundo, pone hincapié en elementos personales y la experiencia práctica del profesor (Clandinin y Connelly, 1995). ✓ La formación de la identidad hace parte de la interacción social con el otro mediada por el lenguaje. Es así como el lenguaje juega un papel integral en la construcción de la identidad. En otras palabras, la identidad es construida, mantenida, entendida, negociada e interpretada a través del lenguaje (Delahunty, 2012). ✓ No hay otro modo de entender la identidad de los sujetos sino a través del discurso que éstos formulan sobre sí y sus relaciones (Bolívar, 2006) ✓ La identidad es formada en el seno de las interacciones. La identidad docente se construye y reconstruye mediante las interacciones sociales que los profesores tienen en los contextos particulares en que actúan. ✓ La identidad se construye en el espacio relacional mediante atribuciones e identificaciones, elaboraciones y definiciones de sí. ✓ Se ha encontrado que el discurso del docente desempeña un papel fundamental para su interacción dentro de un contexto diferente en el marco del establecimiento de su identidad profesional (Beijaard, Meijer y Verloop, 2004; Connelly, Clandinin, Green, Camilli y Elmore, 2006; Coldron y Smith, 1999).

Ámbito	Categorías	Fundamentos Conceptuales
CONOCIMIENTO Y ESTRUCTURAS INTERPRETATIVAS	ORIENTACION PARA LA ENSEÑANZA DE LA CIENCIAS	<p>Enseñanza con emoción, sentido y compromiso</p> <p>El proceso de diseño de las actividades de aula estuvo bajo la consigna de “<i>Enseñanza con emoción, sentido y compromiso</i>”. Desde esta perspectiva, los docentes en formación vinculan aspectos emocionales y sus ámbitos del conocimiento profesional al momento de la planificación. Las premisas que se enuncian a continuación sustentan la categoría:</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ La identidad está relacionada con las emociones y estas emociones afectan las acciones y las reflexiones profesionales docentes. Las emociones son el epicentro en el trabajo del profesor (Hargreaves, 1994, 1998; Zembylas, 2003). ✓ El trabajo de los profesores radica en la participación emocional y en exigirse personalmente (O’Connor, 2008). ✓ Luehmann, (2007), las pasiones, compromisos, formas de actuar e interactuar, los valores y la moral del profesor influye en el desarrollo de esta identidad. ✓ El desarrollo de una identidad profesional se ha definido como “un proceso continuo y dinámico que implica el sentido de decisiones y (re) interpretación de los valores y las experiencias propias de uno” que puede ser influenciado por factores personales, sociales y cognitivos (Flores y Day, 2006). ✓ Caracterizar el compromiso académico, cultural y social que se considera al diseñar el material educativo. ✓ La multiplicidad discursiva de percibir la realidad crea oportunidades para la disonancia de la identidad que conduce al cambio pedagógico y político (Chong <i>et al.</i>, 2010). ✓ Exploración del yo del profesor socialmente situado (Triantafyllaki, 2010).
PRÁCTICO		<p>El ámbito práctico: Reconocimiento y adaptación al escenario educativo, inicio de la práctica profesional docente</p> <p>El ámbito práctico es el escenario en el que confluye, en parte, el conocimiento profesional del profesor. Es el quehacer del docente en el que se pone en juego el conjunto de conocimientos, habilidades y actitudes que fueron desarrollados en su formación. Sin embargo, el inicio de este momento del ejercicio profesional genera crisis en los docentes frente a la toma de decisiones, la organización y el diseño del qué, cómo y para qué enseñar, pese a su formación profesional casi culminada. Estas crisis se pueden explicar por el exceso de información que tienen o la dificultad de integrarla. Por tal razón, las discusiones, reflexiones y toma de decisiones en colectivo</p>

Ámbito	Categorías	Fundamentos Conceptuales
PRÁCTICO	CONOCIMIENTO DE LAS ESTRATEGIAS DIDÁCTICAS PARA LA ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS	<p>(comunidad) y acompañamiento al profesor en esta etapa inicial permiten orientar, comprometer y dar sentido de lo que se quiere comunicar. Con la responsabilidad y compromiso que implica enseñar que puede incidir positiva o negativamente en sus educandos. Aquí la relación entre lo que se hace y se dice de manera consecuente y consiente permitirán definir características de la identidad profesional.</p> <p>Las siguientes premisas son fundamentos de partida de la relación entre el ámbito practico y la identidad profesional:</p> <p>Cuando los profesores inician su práctica profesional, se suscitan preguntas como dónde estoy, lo que estoy haciendo, qué puedo hacer, quién soy yo en este escenario y qué quiero hacer (Schepens, Aelterman y Vlerick, 2009).</p> <p>Organización del equipo de trabajo en el marco de una Comunidad de Desarrollo Profesional, concebido como espacios de interacción para la solución de problemas de forma colaborativa que le den continuidad y soporte a la comunidad (Brody & Hadar, 2011).</p>
	APLICACIÓN DE LA ESTRATEGIA (PRÁCTICA PROFESIONAL)	<p>El desarrollo y fortalecimiento del ámbito práctico les permite a los docentes reflexionar sobre su práctica, revisar y analizar sus conocimientos científicos. Estas actividades son acompañadas de un grupo de expertos (docente titular de la práctica profesional) para hacerle seguimiento a lo elaborado y practicado en su temprano ejercicio (Bransford, Brown y Cocking, 1999; Leach y Scott, 2000; Prawat, 1992; Sparks y Hirsch, 1997, citados por Freeman, Marx y Cimellaro, 2004).</p> <p>La aplicación de la estrategia estuvo influida, previamente, por las reflexiones discusiones y consensos que se realizaron en la CODEP. Por ello, parte de los fundamentos que se tuvieron en cuenta en la aplicación de la estrategia están relacionados con los aportes que genera la CODEP y el discurso empleado por los profesores en sus diferentes ambientes de acción:</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ La comunidad de práctica permite reflexionar, construir y adoptar posiciones de su identidad (Chong <i>et al.</i>, 2010). ✓ Mediante la acción y discurso los profesores muestran quiénes son y revelan su aparición en el mundo (Arendt, 1993). ✓ El desarrollo de la identidad profesional se define como un proceso continuo y dinámico que implica el sentido de decisiones, reinterpretaciones de valores y las experiencias de cada uno.

Ámbito	Categorías	Fundamentos Conceptuales
EXTERNO	CARACTERÍSTICAS EXTERNAS: Institucionales, normativas, imaginarios sociales, medios de comunicación.	<p>El ámbito externo</p> <p>Son las relaciones e interacciones que se producen entre los docentes y los diversos contextos, que pueden afectar o incidir de manera directa o indirecta el ejercicio de la profesión. Se establece que el contexto en el que está inmerso el profesor configura parte de su IPD. Esta puede transformarse como producto de los cambios que se susciten en el entorno, lo que la reconfigura, puesto que el contexto está en permanente cambio.</p> <p>Las premisas que fundamentan en principio las relaciones entre el contexto y la identidad profesional se describen a continuación:</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ La identidad se rehace y reafirma en respuesta al cambio de política y tiene unas implicaciones en el ejercicio docente (Webb, 2009). ✓ El proceso de reformas y políticas educacionales debe tener en cuenta que los profesores tienen reacciones emocionales naturales al cambio, que tienen influencias tanto positivas como negativas sobre la construcción de su identidad profesional y personal (Reio, 2005). La vulnerabilidad de la identidad también se desarrolla debido a sentimientos de impotencia, traición, o indefensión en situaciones de alta ansiedad o miedo. En estas situaciones, las personas pueden no tener control directo, creen que no tienen control directo sobre los factores que afectan a su contexto inmediato, o sienten que están siendo forzados a actuar en formas que son incompatibles con sus creencias y valores fundamentales. ✓ Las narrativas de los maestros revelan qué tanto su temprana formación profesional junto con el contexto político y social median el desarrollo de su identidad profesional. ✓ Sus nociones de identidad están entrelazadas con sus creencias acerca de la forma correcta de ser un maestro, y los efectos de la escolarización. ✓ El análisis en este trabajo indica que los sistemas de mediación externos (reformas) pueden tener un efecto más profundo y más duradero en la formación de la identidad docente, que en la remodelación de la identidad profesional. ✓ Los educadores llevan sus propias preferencias y ambiciones para el proceso de cambio y que la yuxtaposición entre diferentes visiones de qué son los educadores y qué roles se espera que desempeñen tiene graves consecuencias para la aplicación efectiva del cambio (Welmond, 2002).

Fuente: Elaboración de los autores.

Matriz 2. Categorías, subcategorías y atributos deseables de la identidad profesional docente en función de los ámbitos del conocimiento profesional del profesor.

Ámbito	Categoría	Subcategoría	Atributo
Ámbito personal	Conocimiento de sí mismo	Definición de sí mismo	Describe las características y cualidades que tiene de sí mismo para ser profesor.
		Conocimiento Unificado	Narra de manera oral y escrita hechos y eventos de su vida pasada que influenciaron e influyen su decisión profesional como docente.
		Autodescubrimiento	Manifiesta emociones cuando habla de la profesión docente.
			Narra cómo se imagina en su futuro cercano y lejano en relación con sus expectativas personales y el compromiso social de la profesión docente.
		Influencia Docente	Nombra o enuncia características que surgen, que reconoce o que se desarrollan al transcurrir la práctica profesional
Ámbito del conocimiento	Conocimiento didáctico	Conocimiento Curricular	Manifiesta como su profesor o profesora de colegio les aportó o fue gran influencia en la decisión de ser licenciado en química.
			Conoce los contenidos profesionales objeto de enseñanza.
		Conocimientos en relación al caso histórico	Establece relaciones entre los contenidos de enseñanza y competencias con la formación de ciudadanos para el contexto colombiano.
			Exhibe abiertamente sentimientos y emociones con la discusión de la naturaleza de las ciencias.
			Reconoce la importancia de la naturaleza de las ciencias en los procesos de enseñanza y aprendizaje.

Ámbito	Categoría	Subcategoría	Atributo
Ámbito del conocimiento	Orientación para la enseñanza de las ciencias	Concepción	a) Propone y argumenta nuevas posibilidades de contextos para la enseñanza de los contenidos y competencias científicas en la clase.
			b) Siente la necesidad de comunicar los eventos científicos desde una perspectiva histórica ocurridos en el territorio nacional que promuevan cambios en la imagen de ciencia y su actividad.
			Genera múltiples conexiones entre la NOS y los contenidos objetos de enseñanza.
			Expone algunas formas de cómo el conocimiento del caso histórico genera nuevas formas de identidad cultural.
			Reconoce que la enseñanza desde la NOS aporta en el reconocimiento del contexto y la conciencia crítica frente al mismo.
		Planificación	Diseña propuestas de enseñanza que relacione la NOS con los contenidos de enseñanza y las competencias.
			Recurre a hechos y eventos socio-históricos para contextualizar los objetos de enseñanza de la química.
			a) Evidencia coherencia y pertinencia entre las estrategias de enseñanza y los propósitos esperados en la clase.
			b) Reconoce la importancia de la planificación docente.
			c) Identifica al tiempo como factor limitante para el desarrollo de las actividades propuestas.
		Socialización	d) Vincula las competencias planteadas, las habilidades, los contenidos y contextos de enseñanza incluyendo la NOS
			a) Socializa y defiende con argumentos sus propuestas de enseñanza de las ciencias ante la CODEP.
			b) Acepta y respeta puntos de vista diferentes sobre los objetos de enseñanza.
			c) Reflexiona y acepta libre y abiertamente sus debilidades y fortalezas en el diseño de las estrategias de enseñanza.
			d) Asume la crítica constructiva generada en la CODEP y reconsidera sus ideas acerca de la química y su enseñanza.
e) Evalúa y genera aportes a sus compañeros de la CODEP.			

Ámbito	Categoría	Subcategoría	Atributo
		Ajuste	a) Reconstruye su estrategia de enseñanza considerando los aportes de la CODEP. b) La propuesta final de enseñanza permite transformaciones cognitivas y emocionales en el estudiantado. c) Asume nuevas ideas y actitudes frente al proceso de enseñanza de la química a propósito del caso histórico, con lo cual se permite aportar en su desarrollo profesional.
Ámbito práctico	Conocimiento de las estrategias didácticas para la enseñanza de las ciencias	Sensibilización de los educandos	a) Informa de los propósitos y estrategias de enseñanza al estudiantado. b) Motiva a los estudiantes desde su discurso y acciones sobre los contenidos de enseñanza y competencias de la clase. c) Registra y organiza las ideas de percepciones de los estudiantes frente al objeto y materiales de enseñanza de la clase de química. d) Describe con intención emocional la forma en como la experiencia de enseñanza y aprendizaje de la química transforma a los estudiantes. e) Describe y/o critica las actitudes del estudiantado que pueden afectar el desarrollo de su clase.
		Estrategias de Enseñanza	Genera diferentes estrategias en la enseñanza.
		Estrategias que incentivan la identidad cultural	Expone como algunas estrategias de EA del caso histórico incentivan la identidad cultural en los estudiantes.
		Apropiación de saber	a) Propicia escenarios de reflexión y discusión con el estudiantado.
			b) Retroalimenta las elaboraciones de los estudiantes y las relaciona con los eventos históricos, científicos y sociales del territorio colombiano.
			c) Genera diferentes estrategias de apropiación de la química.
			d) En las explicaciones destaca con argumentos históricos, científicos y sociales para hacer aclaraciones y nuevas reflexiones acerca de la ciencia y su enseñanza.

Ámbito	Categoría	Subcategoría	Atributo
Ámbito práctico	Evaluación del modelo de formación docente	Actitud ante al cambio	a) Argumenta las actitudes y emociones que se suscitaron con la experiencia de forma oral y escrita.
			b) Indica las transformaciones producidas de acuerdo con la experiencia vivida.
			c) Revela cambios actitudinales y actuacionales en la CODEP y en el aula.
			d) Describe sentimientos y emociones que afronta en diferentes momentos de la PPD.
			e) Reconoce las cualidades personales y profesionales de sus pares de manera personal y pública.
		Innovación	a) Convence con argumentos y actuaciones el sentido social de la profesión docente en el campo de las ciencias.
			b) Demuestra con su ejemplo aspectos de la identidad cultural mediada por el conocimiento acerca de la química.
			c) Menciona concretamente en qué logro ser innovador en el aula y como le apporto en el proceso de enseñanza
			d) Considera la NOS como recurso potenciador en el aula de clase.
			e) Resalta la importancia de ser un docente innovador para el contexto actual.
Menciona como la NOS moviliza emociones e intereses en los estudiantes aportando en el proceso de EA de las ciencias.			
Perfil profesional	Aportes de la directora de práctica profesional	a) Resalta los aportes significativos de la directora de Práctica Profesional y de la docente titular.	
		b) Describe y/o crítica las actitudes de la o el docente titular que pueden afectar el desarrollo de su clase.	
Ámbito externo	Características externas: Institucionales, Normativas, Imaginarios Sociales, Medios de comunicación.	Normativa	Interpreta y critica con fundamentos las disposiciones políticas que regulan el ejercicio de la profesión.
		Institucionales	Analiza críticamente las formas como la Institución afectan el pleno desarrollo del ejercicio profesional en la enseñanza.
		Imaginarios sociales y medios de comunicación	a) Emite juicios argumentados sobre información de la imagen docente emitida por medios de comunicación y los imaginarios sociales.
			b) Razona las formas cómo los aspectos externos podrían afectar su rol como docente.

Ámbito	Categoría	Subcategoría	Atributo
Ámbito externo			c) Evidencia emociones al hablar sobre la imagen social y política del profesor.
			d) Argumenta y defiende las características que ha de poseer un profesor de ciencias para el contexto colombiano.
	Definición de identidad docente	Aportes de la CODEP	Manifiesta abiertamente como la CODEP le ha aportado en su proceso de formación, en su práctica pedagógica y en su ser como profesional.
		Identidad profesional docente	Describe características de la identidad profesional docente que posee.

Fuente: Elaboración de los autores.

11.6 A manera de conclusión

Los atributos deseables de identidad profesional docente se configuran y reconfiguran como producto de la formación; y se requiere hacer de ellos un proceso consciente, estructurado y reflexivo con los profesores, de tal manera que se reconozcan en la profesión, la valoren y promuevan lo que hace único al ejercicio docente.

Los atributos que se establecieron para cada uno de los ámbitos del conocimiento profesional profesor, se constituyen en pilares y referentes para configurar identidad profesional docente, puesto que cada atributo establecido producto de una revisión y fundamentación rigurosa que puso en diálogo varios marcos de referencia, habla de la actividad docente y no de otra profesión. Así, los profesores en formación y formadores de formadores, pueden recurrir a estos atributos como dispositivos que orientan el ejercicio profesional en todas sus dimensiones (ámbitos del conocimiento profesional del profesor) tanto en etapas tempranas de la profesión como en las avanzadas.

En la literatura sobre el conocimiento profesional del profesor, no se enuncian con claridad rasgos o características de identidad profesional docente para cada uno de los ámbitos del conocimiento profesional del profesor. Con esta investigación, se realiza un aporte para precisarlos e integrarlos

en los marcos teóricos dispuestos sobre identidad profesional docente con los ámbitos del conocimiento profesional. A través del establecimiento de relaciones de las fuentes, se definieron unos atributos deseables de identidad profesional.

Los aportes y orientaciones presentados, están soportados empíricamente y fue necesario hacer estos ámbitos conscientes y explícitos a los profesores en formación durante toda la intervención. A través de reflexiones, tanto individuales como colectivas, les permitió analizarse a sí mismos, en relación con los otros y con el contexto. Este tipo de experiencias no solo les brindó a los profesores posibilidades de revisar y estructurar lo que sabían, su ámbito de conocimientos, sino que reconocieron que esto es solo una parte del entramado de conocimientos que ha de poseer como profesores.

Por otra parte, se invita a que los espacios académicos de la práctica profesional docente se constituyan en escenarios de desarrollo profesional con profesores en formación inicial, en el que, a través del diseño modelos intervención auténticos, se contribuya a la reconfiguración de la identidad profesional docente desde cada uno de los ACPP y, en particular, el ámbito personal. La discusión, reflexión y razonamiento permanente de las formas de pensar, sentir y actuar de los profesores revelan características de IPD, fundamentales para querer pertenecer a un colectivo de profesores que se reconocen e identifican como tal, en pro de mejoras de la educación.

Por último, para que la imagen de profesor se transforme en un contexto como el colombiano, y que sea una profesión llamativa para formarse y de reconocimiento social, se hace necesario generar lineamientos de política que incorpore la identidad profesional como un proceso de formación consciente e intencionado.

En los lineamientos de política de formación docente se deberían incorporar en la estructuración de los currículos de los programas de formación docente en el país. Esto, de tal manera, que las nuevas generaciones de profesores identifiquen qué es lo que reconoce y diferencia a un profesor y posicionar su rol social, política y culturalmente.

11.7 Bibliografía

Aristizabal, F.A. (2018). Fortalecimiento de la identidad profesional docente mediante la interacción en una comunidad de desarrollo profesional a través del uso de la historia de la ciencia (tesis doctoral). Bogotá: Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Disponible en: <http://repository.udistrital.edu.co/handle/11349/12933>

Adams, P. E. y Krockover, G. H. (1997). Beginning science teacher cognition and its origins in the preservice secondary science teacher program. *Journal of research in Science Teaching*, 34(6), 633-653.

Akerson, V.L., Cullen, T. y Hanson, D.L. (2009). Fostering a community of practice through a professional development program to improve elementary teachers' views of nature of science and teaching practice. *Journal of Research in Science Teaching*, 46(10), 1090-1113. Disponible en: <https://doi.org/10.1002/tea.20303>

Bransford, J. D., Brown, A. y Cocking, R. (1999). *How people learn: Mind, brain, experience, and school*. Washington, DC: National. Recuperado de <http://www.citeulike.org/group/9538/article/4434749>

Brody, D. y Hadar, L. (2011). "I speak prose and I now know it." Personal development trajectories among teacher educators in a professional development community. *Teaching and Teacher Education*. Recuperado de <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0742051X11000849>

Chong, S. (2011). Emerging Professional Teacher Identity of Pre-service Teachers, 36(August), 50-64.

Chong, S., Low, E. y Goh, K. (2011). Emerging Professional Teacher Identity of Pre-Service Teachers. *Australian Journal of Teacher Education*.

Clandinin, D. J. y Connelly, F. M. (1996). Teachers' Professional Knowledge Landscapes: Teacher Stories—Stories of Teachers—School Stories—Stories of Schools 1. *Educational Researcher*. Recuperado de: <http://journals.sagepub.com/doi/abs/10.3102/0013189X025003024>

Clandinin, D. J. y Connelly, F. M. (2000). Narrative Inquiry: Experience and Story in Qualitative Research. *Narrative Inquiry*, 2, 211. Recuperado de: <https://doi.org/10.1111/j.1365-2850.2008.01331.x>

Clandinin, D. y Connelly, F. (1996). 11 *A Storied Landscape as a Context for Teacher Knowledge*. *Changing Research and Practice*: Recuperado de: [https://books.google.com/books?hl=es&lr=&id=vqP9afj8BasC&oi=fnd&pg=PA137&dq=Connelly+%26+Clandinin+\(1996\)&ots=AN0IWVv8yU&sig=vB-kj8cMty-vwUjtKudy94IQx83E](https://books.google.com/books?hl=es&lr=&id=vqP9afj8BasC&oi=fnd&pg=PA137&dq=Connelly+%26+Clandinin+(1996)&ots=AN0IWVv8yU&sig=vB-kj8cMty-vwUjtKudy94IQx83E)

Clandinin, D. y Connelly, F. (1996). 11 *A Storied Landscape as a Context for Teacher Knowledge*. *Changing Research and Practice*:

Clarke, D. y Hollingsworth, H. (2002). Elaborating a model of teacher professional growth. *Teaching and Teacher Education*. Recuperado de: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0742051X02000537>

Cochran-Smith, M. (1998). *Teacher Development and Educational Change*. *International Handbook of Educational Change*. Boston.

Costa, A. y Garmston, R. (1994). *Cognitive coaching*. Norwood, Mass: Christopher Gordan. Recuperado de: <http://www.eduweb.vic.gov.au/edulibrary/public/teachlearn/student/cognitivecoachingvic08.pdf>

Couso, D. (2002). *Análisis del contenido del discurso de los profesores de ciencias de secundaria en el diseño de unidades didácticas de forma cooperativa*. Universitat Autònoma de Barcelona.

Darby, A. (2008). Teachers' emotions in the reconstruction of professional self-understanding. *Teaching and Teacher Education*. Recuperado de: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0742051X07000182>

Delahunty, J. (2012). "Who am I?": Exploring identity in online discussion forums. *International Journal of Educational Research*. Recuperado de: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0883035512000456>

Fernández-Cruz, M. (2006). *Desarrollo profesional docente*. Granada: Grupo Editorial Universitario.

Freeman, J. G., Marx, R. W. y Cimellaro, L. (2004). Emerging considerations for professional development institutes for science teachers. *Journal of*

Science Teacher Education, 15(2), 111-131. Recuperado de: <https://doi.org/10.1023/B:JSTE.0000044866.11608.ae>

García-Martínez, A. (2009). La formación de profesores deficiencias a través de su interacción en comunidades de desarrollo profesional. *Rev Tecnó Episteme y Didaxis*.

García-Martínez, A. e Izquierdo Aymerich, M. (2014). Contribución de la historia de las ciencias al desarrollo profesional de docentes universitarios. *Enseñanza de las Ciencias*, 32(1), 265-281.

Gil Pérez, D. (2002). La situación de la educación científica: problemas, avances y nuevas necesidades. Actas Do VII Encontro Nacional Sobre Educação Em.

Gilmore, J., Hurst, M. y Maher, M. (2009). *Professional Identity Development in Teachers of Science, Technology, Engineering, Math, and Science and Math Education*. Online Submission. Recuperado de: <http://eric.ed.gov/?id=ED509408>

Gil-Pérez, D. (2002). La situación de la educación científica: problemas, avances y nuevas necesidades. Actas Do VII Encontro Nacional Sobre Educação Em.

Glickman, C. (1990). Open accountability for the 90s: Between the pillars. *Educational Leadership*. Recuperado de: http://ascd.com/ASCD/pdf/journals/ed_lead/el_199004_glickman.pdf

Hammersley Fletcher, L. y Qualter, A. (2009). Chasing improved pupil performance: the impact of policy change on school educators' perceptions of their professional identity, the case of further change in English schools. *British Educational Research Journal*, 36(6), 903-917.

Hong, J. (2010). Pre-service and beginning teachers' professional identity and its relation to dropping out of the profession. *Teaching and Teacher Education*. Recuperado de: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0742051X10000831>

Luehmann, A. (2007). Identity development as a lens to science teacher preparation. *Science Education*. Recuperado de: <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/sce.20209/full>

Marx, R. W., Freeman, J. G., Krajcik, J. S. y Blumenfeld, P. C. (1998). *Professional development of science teachers*. International Handbook of Science. Recuperado de: https://scholar.google.es/scholar?hl=es%7B%7Das%7B_%7Dsd=0,5%7B%7Das%7B_%7Dylo=1998%7B%7Das%7B_%7Dyhi=1998%7B%7Dq=autor%7B%25%7D3AMarx,+autor%7B%25%7D3AFreeman,+autor%7B%25%7D3AKrajcik,+autor%7B%25%7D3ABlumenfeld

Mellado, V. (2003). Cambio didáctico del profesorado de ciencias experimentales y filosofía de la ciencia. *Enseñanza de las Ciencias*. Recuperado de: <https://ddd.uab.cat/record/1612>

OCDE (2016). *La Educación en Colombia. Revisión de Políticas Nacionales de Educación*. Disponible en: https://www.mineducacion.gov.co/1759/articles-356787_recurso_1.pdf

Putnam, R. y Borko, H. (2000). What do new views of knowledge and thinking have to say about research on teacher learning? *Educational Researcher*. Recuperado de: <http://journals.sagepub.com/doi/abs/10.3102/0013189X029001004>

Trautmann, N. M. y MaKinster, J. G. (2009). Flexibly Adaptive Professional Development in Support of Teaching Science with Geospatial Technology. *Journal of Science Teacher Education*, 21(3), 351-370. Recuperado de: <https://doi.org/10.1007/s10972-009-9181-4>

AUTORES

Adela Molina Andrade

Doctora en Educación de la Universidad de São Paulo (Brasil), Magister en Educación con Énfasis en Evaluación y currículo de la Pontificia Universidad Javeriana (Bogotá) y Licenciada en Ciencias de la Educación especialidad Biología de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas (Bogotá). Es autora de diversas publicaciones (artículos, capítulos de libros y libros) sobre la enseñanza de las ciencias, específicamente sobre los desarrollos de sus líneas de investigación: Enseñanza de las ciencias, contexto, diversidad y diferencia cultural, Pensamiento científico infantil e Innovación en el aula de ciencias. Actualmente es Investigadora Emérita Vitalicia COLCIENCIAS y profesora Titular de tiempo completo del Doctorado Interinstitucional en Educación DIE-UD y de la Maestría en Educación de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Es líder del grupo de investigación INTERCITEC (Interculturalidad, Ciencia y Tecnología) A1 COLCIENCIAS.

Carlos Javier Mosquera Suárez

Es Doctor en Didáctica de las Ciencias Experimentales de la Universitat de Valencia. Magister en Docencia de la Química de la Universidad Pedagógica Nacional-UPN. Licenciado en Ciencias de la Educación con Especialidad en Química de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Es profesor de tiempo completo del Doctorado Interinstitucional en Educación de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Entre sus líneas de investigación se encuentran: Cambio Didáctico, Diseño curricular en ciencias, Historia y epistemología de las ciencias, La Educación en Ciencias en Colombia: Aspectos históricos, epistemológicos, Pensamiento científico infantil. También dirige el grupo de investigación DIDAQUIM clasificado en A por Colciencias.

Álvaro García Martínez

Licenciado en Química (Universidad Distrital Francisco José de Caldas), Magister en Docencia de la Química (Universidad Pedagógica Nacional), Magister en Investigación en Didáctica de las Ciencias Experimentales (Universidad Autónoma de Barcelona) y Doctor en Didáctica de las Ciencias Experimentales (Universidad Autónoma de Barcelona). Actualmente se desempeña como profesor del Doctorado Interinstitucional en Educación, DIE-UD, de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Ha desarrollado investigaciones con recursos de financiamiento externo, entre ellas; Unión Europea (ALFA, ERASMUS +), CONICYT (Chile), COLCIENCIAS e IDEP. Es Miembro fundador del Grupo de Investigación en Didáctica de la Química, DIDAQUIM, Director del Grupo de Investigación en Educación en Ciencias Experimentales, GREECE, y Miembro de la Red Latinoamericana de Investigadores en Didáctica de las Ciencias. Es autor de publicaciones (artículos, capítulos de libros y libros) en Didáctica de las Ciencias en las siguientes líneas: Relaciones entre historia, filosofía y enseñanza de las ciencias, evaluación, diseño curricular, enseñanza y aprendizaje de las ciencias, TIC y enseñanza de las ciencias, y formación de profesores.

Carmen Alicia Martínez Rivera

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

William Manuel Mora Penagos

Licenciado en Química y Magíster en Docencia de la Química por la Universidad Pedagógica Nacional (UPN), Especialista en Análisis Orgánico Estructural por la Pontificia Universidad Javeriana, y Doctor en Educación Ambiental por la Universidad de Sevilla (España). Profesor asociado de tiempo completo en la Facultad de Medio Ambiente y Recursos Naturales y en el Doctorado Interinstitucional en Educación (DIE-UD) de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas (UDFJC). Ha sido coordinador del Comité Institucional de Currículo en la UDFJC y coordinador del énfasis en Educación en Ciencias del DIE-UD. Integrante de los grupos de investigación DIDAQUIM (UD) y Alternaciencias (UPN). La experiencia docente, investigativa y en publicaciones, se ha desarrollado en el campo de la didáctica de la química, en las líneas del conocimiento didáctico del contenido curricular, e historia y epistemología de la química. A partir de 2012 en el DIE-UD lidera la línea de investigación sobre Inclusión de la dimensión ambiental en la educación en ciencias, específicamente en proyectos de: 1) cuestiones socio ambientales y justicia socio ambiental: diseño curricular y formación docente; y 2) Compromiso ambiental de las instituciones de educación superior: inclusión de la dimensión ambiental a la función docente.

Adriana Patricia Gallego Torres

Doctora en Didáctica de las Ciencias Experimentales por la Universidad de Valencia de España, Licenciada en Física por la Universidad Pedagógica Nacional de Colombia. Actualmente es profesora titular de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas adscrita al Énfasis en Educación en Ciencias del programa de Doctorado Interinstitucional en Educación. Directora de la Revista Científica de la Universidad Distrital. Pertenece al grupo de Investigación IREC clasificado por Colciencias en A1. Entre sus líneas de investigación se encuentran: el Origen y génesis de los movimientos CTS, representaciones sociales hacia la ciencia y la tecnología, historia y epistemología de la ciencia y la tecnología, alfabetización científico tecnológica y cultural, género, ciencia y educación científica, y el análisis de la situación de CTS en la enseñanza de las ciencias.

Guillermo Fonseca Amaya

Licenciado en Biología y especialista en Pedagogía por la Universidad Pedagógica Nacional. Magister en Educación por la Universidad Pontificia Universidad Javeriana, y Doctor en Educación por el Doctorado Interinstitucional en Educación-Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Actualmente Profesor Facultad de Ciencias y Educación – Proyecto Curricular de Licenciatura en Biología y Maestría en Educación- Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Docente investigador Asociado (I), Colciencias, de los grupos de investigación, Grupo de investigación en Didáctica de las ciencias y Biología, Enseñanza y Realidades.

Soledad Andrea Castillo Trittini

Profesora de Educación Básica con mención en Estudio y Comprensión de la Naturaleza. Desarrolló estudios de Magíster y Doctorado en el programa de Post graduación de la *Universidade do Estado do Rio de Janeiro*, en la línea de Currículo; Sujetos, conocimiento y cultura. Ha realizado clases en la Universidad Sek, en el Módulo Teorías y Modelos Curriculares del programa de Magíster de la Escuela de Posgrado de dicha universidad. Actualmente es profesora en la Universidad Metropolitana de Ciencias de la Educación, Facultad de Filosofía y Educación, departamento de Educación Básica. y en el Colegio de educación básica “Bremen” de la Comuna de El Bosque.

Alice Casimiro Lopes

Profesora del Programa de Postgraduación en Educación de la Universidad del Estado de Rio de Janeiro. Investigadora nivel 1 B del Consejo Nacional para la Investigación en Brasil CNPq e Investigadora de la fundación Carlos Chagas Filho de Apoyo a la investigación del Estado De Rio de Janeiro FAPERJ (CNE/Faperj).

Henry Giovany Cabrera Castillo

Doctor en Educación con énfasis en educación en ciencias en la Universidad del Valle, Magister en Educación con énfasis en Educación en Ciencias, Licenciado en Biología y Química. Profesor asociado e investigador del Área de Educación en Ciencias y Tecnologías en la Universidad del Valle (Cali/Colombia). Becario del Departamento Administrativo de Ciencia, Tecnología e Innovación – COLCIENCIAS. Línea de investigación es relaciones entre la Historia y la Filosofía de las ciencias y la Educación en Ciencias e interesado principalmente en la formación de docentes de ciencias naturales. Miembro de la Asociación de Filosofía e Historia de la Ciencia del Cono Sur, Investigador del Grupo de Investigación Ciencia, Educación y Diversidad y del Laboratorio de Investigación en didáctica de las Ciencias (G.R.E.C.I.A) y la Sociedad Chilena de Didáctica, Historia y Filosofía de la Ciencia (Bellaterra).

Carmen Andrea Aristizábal Fúquene

Licenciada en Química y Magíster en Docencia de la Química de la Universidad Pedagógica Nacional. Doctora en Educación de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Docente Asociada de la Universidad Autónoma de Colombia y catedrática titular de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Sus intereses y aportes investigativos se centran en la formación inicial y continúa de profesores de ciencias. En particular el fortalecimiento de la identidad profesional docente, la historia y epistemología de las ciencias desde la línea de la Didáctica del Patrimonio Cultural.

Jair Zapata Peña

Licenciado en Física de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas, con Maestría en Ciencias Físicas de la Universidad de Puerto Rico-Maya-güez y Doctor en Educación de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Es Profesor de la Universidad Libre, Facultad Ingeniería, Grupo de Investigación IDEPI. Bogotá-Colombia. En su experiencia profesional universitaria ha sido director de semilleros y grupos de investigación, y asesor en investigaciones para el Ejército Nacional. Su línea de investigación actual, está configurada dentro de la Educación Financiera, también ha trabajado en el campo del cambio didáctico y la formación de profesores de ciencias, con antecedentes de trabajo sobre la contextualización en la enseñanza de las ciencias y el uso de la historia y filosofía de la ciencia en la enseñanza, ha abordado temáticas relacionadas con propuestas didácticas en el campo de la enseñanza de la física para ingeniería; seguridad en instalaciones militares y desarrollos tecnológicos aplicados a la ingeniería militar. Es Investigador Junior COLCIENCIAS. **jair.zapatap@unilibre.edu.co, jzapata25@gmail.com.**

Graciela Utges

Ingeniera Electricista Orientación Electrónica de la Universidad Nacional de Rosario y Doctora en Educación por la Universidad de San Pablo. Es Profesora Titular Dedicación Exclusiva de la FCEIA de la Universidad Nacional de Rosario. Rosario-Argentina. En su Experiencia profesional ha ocupado diferentes cargos de gestión: Secretaria Académica, Secretaria de Desarrollo Institucional, Directora de la Escuela de Formación Básica, Miembro del Consejo Asesor de la Escuela de Posgrado, Directora de la Maestría en Didáctica de las Ciencias, actualmente es la Decana de Ingeniería (FCEIA UNR). Ha dictado seminarios y cursos de posgrado en la FCEIA, así como en la Universidad Tecnológica Nacional (UTN), en la Universidad Distrital de Bogotá, Colombia, y en la Universidad de San Pablo, Brasil. Ha sido Presidente de la Asociación Argentina de Profesores de Física y Representante Argentina ante el Consejo Interamericano de Enseñanza de la Física. Es Investigadora Categoría I en el Programa de Incentivos (ME). Ha dirigido numerosos proyectos de investigación acreditados. **grautges@gmail.com.**

Andrés Arturo Venegas Segura

Doctor en Educación con tesis Laureada, formación de Maestría en Docencia, Especialista en Bioingeniería, Licenciado en Física y Antropólogo. Experiencia docente en las Universidades Distrital, Católica de Colombia, Antonio Nariño, con desarrollo profesoral en el campo de la Educación y las Ciencias Físicas. Reconocimiento de Excelencia académica por evaluación de desempeño en la Universidad Distrital. Director del “Semillero de Investigación en Educación, Cultura y Ciencias Naturales” Universidad Distrital. Investigación en: el campo de: Infancia e Inclusión, trabajos con comunidades indígenas, maestros, niños y niñas de la Orinoquia y el Caribe Colombiano; la enseñanza de las ciencias, las matemáticas y la lógica con docentes en Colegios Públicos de Bogotá realizando proyectos de investigación, innovación, creación de material didáctico, talleres, espacios de reflexión, entre otros; la biofísica, reflexión sobre su enseñanza a nivel universitario; la Historia de la ciencia y contexto, cultura y enseñanza de las ciencias.

Diego Fernando Valderrama Pérez

Biólogo Marino de la Fundación Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano (2001), Magister en Ciencias Biológicas (Zoología) de la Universidad Federal de Rio de Janeiro (2007) y Doctor en Enseñanza, Filosofía e Historia de las Ciencias de la Universidad Federal de Bahía (2016). Participa en investigaciones e intervenciones orientadas para el diálogo de saberes en ambientes escolares localizados en comunidades indígenas, campesinas y pesqueras de Colombia y Brasil. Se interesa especialmente por las narrativas de los niños y las niñas, así como por los saberes construidos en el marco de las prácticas de subsistencia, y promueve su reconocimiento a través de creaciones artísticas y literarias. Miembro del Grupo de Investigación en Interculturalidad, Ciencia y Tecnología - INTERCITEC, y del Laboratorio en Enseñanza, Filosofía e Historia de la Biología - LEFHIO. Director de la Corporación Artística y Cultural “Pquyquy”, en Medellín- Colombia.

Gonzalo Peñaloza Jiménez

Es educador e investigador en el área de educación en ciencias y específicamente en didáctica de la biología. Su interés profesional se enfoca en la formación de profesores de biología, especialmente de educación secundaria y en la enseñanza y el aprendizaje de la evolución en ese nivel. Gonzalo se formó como Biólogo en la Universidad Nacional de Colombia, como Magister en Ciencia, Tecnología y Sociedad en la Universidad Nacional de Quilmes en Argentina, como Doctor en Enseñanza, Filosofía e Historia de las Ciencias en la Universidad Federal de Bahía en Brasil y como Doctor en Educación en la Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Actualmente es investigador del Centro de Investigación y Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional (Cinvestav) - Unidad de Monterrey, México.

Rosa Inés Pedreros Martínez

Licenciada en Física de la Universidad Distrital. Magister en Docencia de la Física, Universidad Pedagógica Nacional. Doctora en Educación del Doctorado Interinstitucional en Educación, sede Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Fue profesora, coordinadora de la Especialización en Docencia de las ciencias para el nivel Básico y directora del Departamento de Física de la Universidad Pedagógica Nacional. Rectora y profesora de la Escuela Pedagógica Experimental. Investigadora sobre *“Perfil conceptual y conglomerados de relevancia en comunidades culturalmente diferenciadas”*, *“Modelación de Fenómenos Físicos desde la Perspectiva de los Sistemas Dinámicos”*, *“Sistemas Dinámicos y Pensamiento Sistémico en el Aula”*; *“Propuesta didáctica para la Introducción a la Física de Procesos”*, *“Hacia la constitución de una mirada inspirada en la autorregulación en la básica primaria y media”* y *“La exploración de la posibilidad de Aplicación de una Alternativa para la Enseñanza de las Ciencias en el Nivel de Básica Primaria Inspirada en las Actividades*

Totalidad Abiertas". Publicado varios libros y artículos sobre la educación en ciencias.

Charbel N. El-Hani

Es profesor Titular de Historia, Filosofía y Enseñanza de la Biología en el Instituto de Biología de la Universidad Federal de Bahía Brasil (UFBA) y Bolsista de productividad en investigación 1B del Consejo Nacional de Desarrollo Científico y Tecnológico (CNPq). Actúa en los programas de posgrado en Enseñanza, Filosofía e Historia de las Ciencias (Universidad Federal de Bahía y Universidad Estadual de Feira de Santana) y en Ecología: Teoría, Aplicación y Valores (UFBA). Coordina el Instituto Nacional de Ciencia, Tecnología en Estudios Interdisciplinarios y Transdisciplinarios en Ecología y Evolución (INCT IN-TREE) y el Laboratorio de Enseñanza, Filosofía e Historia de la Biología (LEFHBio), de la Universidad Federal de Bahía. Dentro de sus intereses de investigación se encuentra la investigación en educación científica, la filosofía de la biología, el comportamiento animal la ecología y la conservación. A lo largo de su carrera ha publicado 163 artículos en revistas arbitradas y 10 libros y números especiales de revistas.

Johanna Patricia Camacho González

Licenciada en Química y Magíster en Docencia de la Química de la Universidad Pedagógica Nacional de Colombia. Doctora en Ciencias de la Educación de la Pontificia Universidad Católica de Chile. Actualmente es académica de la Facultad de Filosofía y Humanidades de la Universidad de Chile. Sus intereses de investigación se centran en la formación del profesorado, la relación ciencia – género en la educación científica y la enseñanza-aprendizaje de la química en el contexto escolar. En su quehacer profesional vincula el trabajo práctico del aula escolar con investigaciones basadas en la enseñanza de las ciencias y su experiencia

en la Formación Inicial y Continua de Educadoras, Profesoras y Profesores de Ciencias.

Vladimir Alfonso Ballesteros Ballesteros

Es egresado de la Licenciatura en Matemáticas y Física de la Universidad del Atlántico, Especialista en Estadística Aplicada y Magíster en Ingeniería con Énfasis en Energías Alternativas de la Universidad Libre de Colombia. Entre sus líneas de investigación se encuentran: Energías Renovables, Educación en Ciencias, Educación Matemática y Estadística Aplicada. Actualmente es Candidato a Doctor del Doctorado Interinstitucional en Educación, sede Universidad Distrital Francisco José de Caldas y se desempeña como Decano de la Facultad de Ingeniería y Ciencias Básicas de la Fundación Universitaria Los Libertadores.

Jorge Enrique Salamanca Céspedes

Es egresado del programa de Ingeniería Electrónica de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Especialista en Telecomunicaciones Móviles y Magister en Ciencias de la Información y las Telecomunicaciones. Entre sus líneas de investigación se encuentran: Desarrollo de tecnología aeroespacial, Compatibilidad Electromagnética y Educación Energética. Miembro del grupo de investigación GICOGÉ clasificado en A1 por COLCIENCIAS. Actualmente es docente de la Facultad de Ingeniería y doctorando del DIE-UD en el Énfasis de Educación en Ciencias.

Este libro se terminó de
imprimir en los talleres
de Imageprinting Ltda. En
Bogotá, D. C. Colombia,
en el mes de julio de
2020.

UF
Editorial



Hemos llamado a este libro *Investigación y formación de profesores de ciencias: Diálogos de perspectivas Latinoamericanas*, segundo en su género de esta colección de Énfasis; con el cual avanzamos en la concreción de un aspecto esencial de la misión de nuestro Doctorado, como es la formación de investigadores [...] *con capacidades para producir nuevos conocimientos y de incidir en la apropiación y transformación crítica de la cultura, desde el marco de la flexibilidad, la cooperación nacional e internacional y el diálogo sur-sur, con las aperturas necesarias para interactuar con otras tendencias y paradigmas*. Así, este dialogo tiene varias facetas y formas como: revisiones y discusiones de posturas basadas en enfoques latinoamericanos; trabajos colaborativos en torno al desarrollo de investigaciones de tesis doctorales; reflexiones que fortalecen las líneas de investigación del Énfasis de Educación en Ciencias, creadas por sus grupos de investigación, a saber: DIDAQUIM, IREC, Investigación en didáctica de las ciencias, GREECE e INTERCITEC. Pero también se trata de propósitos, colaboraciones, diálogos y proyectos con actores concretos, algunos de los cuales son autores de este libro. Así, este libro está compuesto de once capítulos, que enfocan el debate y reflexión en torno a la formación de profesores de ciencias.

E-ISBN:978-958-787-187-6



9 789587 1871869