

# Énfasis

## ALGUNAS APROXIMACIONES A LA INVESTIGACIÓN EN EDUCACIÓN EN ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS NATURALES EN AMÉRICA LATINA

Compiladora

Adela Molina Andrade

Autores

Rogério José Locatelli

Anna Maria Pessoa de Carvalho

Antonia Candela

Adela Molina Andrade

Claudia Sepúlveda

Charbel Niño El-Hani

Gonzalo Bermúdez

Ana Lía de Longhi

Rosaría Justi

Poliana F. M. Ferreira

Ariadne S. Queiroz

Paula C. C. Mendonça

Carlos Javier Mosquera Suárez

Carmen Alicia Martínez Rivera

Ana Rivero García

Doctorado  
Interinstitucional  
en Educación

# DIE







# Énfasis

*Libros de los énfasis del  
Doctorado Interinstitucional en Educación*



UNIVERSIDAD DISTRITAL  
FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS



# Énfasis

*Libros de los énfasis del Doctorado*

*Interinstitucional en Educación*

## ***Algunas aproximaciones a la investigación en educación en enseñanza de las Ciencias Naturales en América Latina***

### ***Educación en Ciencias***

*Adela Molina Andrade*

(Compiladora)

*Rogério José Locatelli*

*Anna Maria Pessoa de Carvalho*

*Antonia Candela*

*Adela Molina Andrade*

*Claudia Sepúlveda*

*Charbel Niño El-Hani*

*Gonzalo Bermúdez*

*Ana Lía de Longhi*

*Rosária Justi*

*Poliana F. M. Ferreira*

*Ariadne S. Queiroz*

*Paula C. C. Mendonça*

*Carlos Javier Mosquera Suárez*

*Carmen Alicia Martínez Rivera*

*Ana Rivero García*

***Universidad Distrital Francisco José de Caldas***

*Bogotá, Colombia - 2012*



UNIVERSIDAD DISTRITAL  
FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS

### **Comité Editorial-CADE**

**Adela Molina Andrade**

*Presidenta CADE*

**Álvaro García Martínez**

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

**Sandra Soler Castillo**

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

**Olga Lucia León Corredor**

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

**Rigoberto Castillo**

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

**José Javier Betancourt Godoy**

*Representante de los estudiantes del DIE-UD*

### **Comité Editorial Interinstitucional-CAIDE**

**Margie Nohemy Jessup C.**

*Directora Nacional*

**Rosalba Pulido de Castellanos**

*Coordinadora DIE, Universidad Pedagógica Nacional*

**Adela Molina Andrade**

*Directora DIE, Universidad Distrital Francisco José de Caldas*

**Eric Rodríguez Woroniuc**

*Coordinador DIE, Universidad del Valle*

**Inocencio Bahamón Calderón**

*Rector*

**María Elvira Rodríguez Luna**

*Vicerrectora Académica*

**Facultad de Ciencias y Educación**

**Doctorado Interinstitucional en Educación**

ISBN: 978-958-8782-06-5

e-ISBN: 978-958-8782-92-8

Primera edición, 2012

© Universidad Distrital Francisco José de Caldas

### **Preparación Editorial**

Doctorado Interinstitucional en Educación  
Universidad Distrital Francisco José de Caldas

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

[eventosdie@distrital.edu.co](mailto:eventosdie@distrital.edu.co)

### **Fondo de publicaciones**

Universidad Distrital Francisco José de Caldas

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

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

*Corrección de estilo*

Luisa Juliana Avella Vargas

*Diagramación y diseño de carátula*

Juan Camilo Corredor Cardona

Impreso en Javegraf

Bogotá, Colombia, 2012

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

## Contenido

### ***Presentación***

#### ***Análisis del razonamiento utilizado por los alumnos al resolver los problemas propuestos en las actividades de conocimiento físico***

**15**

*Rogério José Locattelli y Anna Maria Pessoa de Carvalho*

El pensamiento hipotético-deductivo y un análisis de los argumentos  
El niño y las relaciones de compensación  
Metodología de investigación  
Análisis de los resultados  
Consideraciones finales  
Referencias bibliográficas

#### ***Un estudio etnográfico sobre la enseñanza de ciencias en aulas de la escuela primaria***

**39**

*Antonia Candela*

Introducción  
La enseñanza de ciencias y la investigación en el aula  
La “evidencia empírica” para la ciencia  
La “evidencia empírica” extraescolar en el discurso del aula  
La “evidencia empírica” extraescolar planteada por los alumnos  
Extracto 2: “A ver, cárguese un árbol”  
Consideraciones finales  
Notas  
Referencias bibliográficas

***Contribuciones metodológicas para el estudio de las relaciones entre contexto cultural e ideas sobre la naturaleza de niños y niñas***

*Adela Molina Andrade*

63

Introducción  
Perspectiva ontológica y enfoque cultural adoptado e implicaciones metodológicas  
Conceptos que orientan el desarrollo metodológico  
Las narrativas de las cartas como narraciones  
Contenido semántico e interpretación de las cartas  
Contexto cultural e interpretación comparada e histórica  
Supuestos metodológicos  
Narrativas y procedimientos metodológicos  
Tabla resumen  
Consideraciones finales  
Referencias bibliográficas

***Obstáculos epistemológicos y ontológicos en la comprensión del concepto darwinista de adaptación: implicaciones en la enseñanza de evolución***

*Claudia Sepúlveda y Charbel Niño El-Hani*

89

El concepto de adaptación en la enseñanza de las ciencias biológicas  
Obstáculos epistemológicos y ontológicos en la comprensión del concepto darwinista de adaptación  
Consideraciones finales  
Referencias bibliográficas

***Análisis de la transposición didáctica del concepto de biodiversidad. Orientaciones para su enseñanza***

*Gonzalo Bermúdez y Ana Lía de Longhi*

115

Criterios para la selección del contenido “biodiversidad”  
La transposición didáctica  
¿Cuál es el saber sabio?  
La importancia de la conservación de la biodiversidad  
¿Qué dicen los textos acerca de la biodiversidad?  
¿Qué dicen los Lineamientos Curriculares de la Jurisdicción Córdoba, Argentina?  
Orientaciones para la transposición del concepto de diversidad funcional  
Consideraciones finales  
Referencias bibliográficas

***Contribuciones de la enseñanza fundamentada en modelación en el desarrollo de la capacidad de visualización*** **155**  
*Rosária Justí, Poliana F. M. Ferreira,  
Ariadne S. Queiroz, Paula C. C. Mendonça*

Representaciones y modelación en Ciencias  
Representaciones y modelación en la enseñanza de la química  
Consideraciones finales  
Referencias bibliográficas

***El cambio didáctico y la formación del profesorado de ciencias. Perspectivas actuales y futuras*** **175**  
*Carlos Javier Mosquera Suárez*

Introducción  
Las competencias profesionales docentes del profesorado de ciencias como medio para el cambio didáctico  
La epistemología docente convencional como impedimento para el cambio  
Visiones deformadas sobre la naturaleza de la ciencia y de la actividad científica que se transmiten en la enseñanza  
Consideraciones finales: análisis crítico de modelos de formación del profesorado de ciencias y perspectivas futuras  
Referencias bibliográficas

***La investigación sobre el conocimiento profesional del profesor: algunos aspectos conceptuales y metodológicos*** **205**  
*Carmen Alicia Martínez Rivera y Ana Rivero García*

Introducción  
¿Construir o descubrir “el objeto” de investigación?  
Algunos supuestos hipotéticos  
Sobre el contexto de la problemática  
Instrumentos para el nivel declarativo (nivel previo)  
Instrumentos para el nivel de acción (nivel de intervención)  
El análisis de los datos  
Referencias bibliográficas

***Reseñas de autores*** **243**



En este libro se presentan ocho trabajos de reflexión, reporte de resultados de investigación y contribuciones metodológicas de investigadores de México, Brasil, Argentina y Colombia. El libro trata tres grandes problemáticas: la educación infantil, la enseñanza de conceptos y la formación de profesores.

Los tres primeros capítulos tratan la temática de la educación infantil en el campo de la enseñanza de las ciencias: “Análisis del razonamiento utilizado por los alumnos al resolver los problemas propuestos en las actividades de conocimiento físico”, de Rogério José Locattelli y Anna María Pessoa de Carvalho, de la Universidad de São Paulo, se origina en la reflexión de niños y niñas sobre la clase de ciencias, que buscó comprobar si los estudiantes de primaria son capaces de desarrollar, a través de la metodología de la enseñanza por investigación, argumentos que están de acuerdo con la pauta “si y, a continuación, y / pero, entonces”, propuesta por Lawson (2002, 2004), que implica descubrimientos científicos muy importantes. Para llevar a cabo este análisis con mayor precisión, también se hizo uso de los argumentos propuestos por Toulmin (2001). Esto permitió ver en la clase –durante el proceso metodológico caracterizado como experimental, mediante el uso de las preguntas “¿cómo?” y “por qué”, como prueba de las explicaciones de los estudiantes– si ellos evolucionan, pasando de la recopilación de datos hacia la formulación de hipótesis, y posteriormente a la verificación de las relaciones entre las variables que, según Piaget (1976), implican el establecimiento de sistemas de compensación en los sujetos.

En el capítulo segundo, “Un estudio etnográfico sobre la enseñanza de ciencias en aulas de la escuela primaria”, de autoría de Antonia Candela, del CINVESTAV, en diálogo con la investigación nacional e internacional sobre este tema, se muestra la importancia del estudio de la interacción discursiva entre maestros y alumnos en las aulas escolares como un referente indispensable para mejorar la enseñanza de las ciencias naturales. Por interacción discursiva en el aula se asume el intercambio verbal que se realiza entre docente y estudiantes. Se pretende contribuir a lo que plantea Jerome Bruner (1988, p. 132): “Lo que todavía nos falta es una teoría razonada de cómo interpretar la negociación del significado lograda socialmente, en cuanto a axioma pedagógico (...) en síntesis de la creación conjunta de la cultura como objeto de la enseñanza”. En particular, en este trabajo se analizó si los maestros incorporan a la dinámica de la interacción en el aula el conocimiento extraescolar de los estudiantes y particularmente el que tiene relación con su experiencia “empírica” fuera del aula, y se estudió la forma en que lo hacen.

El capítulo tercero, “Contribuciones metodológicas para el estudio de relaciones entre contexto cultural e ideas sobre la naturaleza de niños y niñas”, de autoría de Adela Molina, profesora de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas, en el Doctorado Interinstitucional en Educación, es resultado de la investigación El pasado y el presente en las ideas de los niños y niñas sobre la naturaleza y el nivel de importancia de lo vivo en dichas explicaciones; realiza una reflexión y sistematización del enfoque y procesos metodológicos desarrollados. Se trata de una aproximación a los universos imaginativos del otro, la otra cultura, diferente y diversa, para así proponer alternativas tendientes a estudiar las cogniciones del sujeto, con opciones distintas a las que lo ciñen al círculo de la relación epistémica sujeto-objeto en el proceso de conocer; se trata, además y fundamentalmente, de un sujeto con historia y cultura. Igualmente, con el enfoque metodológico adoptado, se busca establecer que entre las cuatro comunidades escolares se presentan cruces e interacciones de tipo cultural, así el estudio aporta en la caracterización intercultural de la sociedad colombiana. Se desarrollan cuatro apartados: i) Implicaciones metodológicas, perspectiva ontológica y enfoque cultural adoptado; ii) Conceptos que orientan el desarrollo metodológico; iii) Supuestos metodológicos y narrativas; y iv) procedimientos metodológicos.

Los capítulos cuarto, quinto y sexto tratan, con diferentes enfoques, la enseñanza de conceptos específicos. Así, en el capítulo cuarto, “Obstáculos epistemológicos y ontológicos en la comprensión del concepto darwinista de adaptación: implicaciones en la enseñanza de evolución”, de Claudia Sepúlveda y Charbel Niño El-Hani, de la Universidad Estadual de Feira de Santana y la Universidad Federal de Bahía, respectivamente, se presentan algunos resultados parciales sobre el análisis de las ideas de estudiantes brasileños de los niveles de enseñanza media y superior, en torno al concepto de adaptación y su relación con la teoría de la selección natural. Estos resultados fueron recolectados en el contexto de un proyecto que busca investigar la evolución de estas ideas en el espacio social del aula, a partir de una perspectiva socio-interaccionista del aprendizaje, la cual se constituye en alternativa al modelo de cambio conceptual de Posner y colaboradores, y se define como modelo de perfil conceptual.

En el capítulo quinto, “Análisis de la transposición didáctica del concepto de biodiversidad. Orientaciones para su enseñanza”, de autoría de Gonzalo Bermúdez y Ana Lía De Longhi, de la Universidad Nacional de Córdoba, se analiza que dentro del marco curricular y social en que se encuentra la escuela hoy en Latinoamérica, la selección y organización de contenidos cobra fundamental importancia. En consecuencia, trabajar didácticamente sobre esto en temas como la biodiversidad, exige la revisión disciplinar, una adecuada transposición y la elección de un enfoque que le otorgue a la propuesta de

enseñanza un sentido ecológico y social. Para ello el docente de Biología debe contemplar criterios lógicos, psicológicos y socio culturales a la hora de tomar decisiones sobre el conocimiento a enseñar. En el marco de los mismos, deben establecer los niveles de complejidad del contenido prescripto desde los diseños curriculares.

En el capítulo sexto, “Contribuciones de la enseñanza fundamentada en modelación en el desarrollo de la capacidad de visualización”, de autoría de Rosaria Justi, Poliana F.M. Ferreira, Ariadne S. Queiroz y Paula C. C. Mendonça, de la Universidad Federal de Minas Gerais, se enfatiza en el carácter de los modelos, que como representaciones son generados a partir de ideas, de construcciones internas en la mente del individuo. Por eso, se hace necesario distinguir entre modelos mentales –las representaciones que existen solamente en la mente de cada individuo– y modelos expresos –aquellos que son comunicados a través de cualquier modo de representación: concreto (tridimensional), visual (bidimensional), computacional (pseudo-tridimensional), verbal, matemático, gestual– o combinaciones de esos modos (Gilbert y Boulter, 1995). La expresión de los modelos en algunas de esas formas de representación, contribuye significativamente para que entidades inaccesibles o abstractas puedan ser visualizadas.

Finalmente, en los capítulos séptimo y octavo se aborda el problema de la formación de profesores de Ciencias. En el capítulo séptimo, “Cambio didáctico y la formación del profesorado de ciencias. Perspectivas actuales y futuras del profesor”, de autoría de Carlos Javier Mosquera Suarez, profesor de la Universidad Distrital en el Doctorado Interinstitucional en Educación, fundamenta su disertación, aborda la formación de profesores desde diferentes perspectivas. Trata temáticas como las competencias profesionales docentes del profesorado universitario de ciencias, la epistemología docente habitual como impedimento para el cambio, las visiones deformadas sobre la naturaleza de la ciencia y de la actividad científica que se transmiten en la enseñanza, el análisis crítico de los modelos de formación del profesorado de ciencias y las características de los modelos eficaces que pueden favorecer el desarrollo profesional docente. Estas temáticas se encuentran íntimamente asociadas con la investigación realizada sobre concepciones del profesorado de ciencias, sobre aspectos esenciales de su formación, y en las alternativas para favorecer en ellos su inmersión en la investigación sobre Didáctica de las Ciencias Experimentales que conduzca a lo que en este documento se denomina el “cambio didáctico”.

En el capítulo octavo, “El conocimiento profesional de los profesores se ha constituido en un campo relevante de investigación, tanto a nivel nacional como internacional”, de Carmen Alicia Martínez Rivera y Ana Rivero,

profesoras de la Universidad Distrital en el Doctorado Interinstitucional de Educación y de la Universidad de Sevilla, respectivamente, se aborda el problema del conocimiento del profesor. Se muestra que no solo se han venido construyendo nuevos objetos de estudio; también se han dado cambios respecto a las consideraciones sobre la misma investigación. Se cuestiona, por ejemplo, la tendencia científicista y tecnológica de la Didáctica (Porlán, 1996), y se señala de manera imperante que los investigadores den cuenta de los referentes de sus investigaciones. En este sentido, se desarrolla la concepción de investigación que ha orientado sus trabajos, los problemas investigados, las hipótesis que han orientado el trabajo, los instrumentos que han sido usados, así como el proceso de construcción de los datos y análisis de los mismos. Dado el problema de investigación, se presenta la Hipótesis de Progresión del conocimiento del profesor sobre el conocimiento escolar, que se constituye en un referente para la construcción de los datos y para la comprensión del conocimiento de los profesores sobre el conocimiento escolar, tanto en el nivel declarativo (a través de entrevistas y documentos), como en el de acción (desarrollo de las clases). Igualmente, se destacan tres categorías que se han construido para el análisis de los datos, denominadas por las autoras Ejes DOC (Dinamizadores, Cuestionamiento y Obstáculo), y que consideramos se constituyen en aportes para la construcción de conocimiento didáctico, en aras de abordar una perspectiva más compleja del conocimiento del profesor.

**Adela Molina Andrade**

*Compiladora*

# Análisis del razonamiento utilizado por los alumnos al resolver los problemas propuestos en las actividades de conocimiento físico

Rogério José Locattelli<sup>1</sup>  
Anna Maria Pessoa de Carvalho<sup>2</sup>

Varias reflexiones nos condujeron a la necesidad de establecer si en las clases de ciencias –en las cuáles fueron aplicadas las actividades de conocimiento físico mediante la metodología de enseñanza por investigación– los alumnos del nivel de enseñanza fundamental encontraron condiciones para desarrollar argumentos que concuerden con el patrón “si, y, entonces, y/pero, por lo tanto”, propuesto por Lawson (2002, 2004); razonamientos que con frecuencia están presentes en importantes descubrimientos científicos. Para un análisis más preciso se utilizó el “*layout* de los argumentos”, sugerido por Toulmin (2001). Así fue posible verificar que en las clases llamadas experimentales, el uso por parte de los estudiantes de las preguntas del tipo “¿cómo?” y “¿por qué?” se constituyen en indicios de cómo las explicaciones de los alumnos evolucionan, pasando de la recolección de datos y la formulación y prueba de hipótesis, a la verificación de las relaciones entre las variables y, como lo anota Piaget (1976), a la fundamentación de sistemas de compensación.

Lo anterior sucede, dado que la enseñanza de las ciencias exige que también pensemos en cuáles deberían ser los objetivos metodológicos valorados como fundamentales durante el desarrollo de la clase, con el fin de poder ofrecer condiciones a los estudiantes para que, en un ambiente interactivo, puedan vivenciar y desarrollar importantes aspectos presentes en la cultura científica, en particular la argumentación, el pensamiento hipotético-deductivo y el establecimiento de relaciones de compensación. En el estudio de posibilidades de concreción de tal objetivo, surgió el interés de verificar si las actividades relacionadas con el logro del conocimiento físico, y planeadas para hacer parte del currículo de las primeras series de la enseñanza fundamental (7 a 10 años), ofrecen condiciones para que los estudiantes puedan construir argumentos que expresen en su estructura, el inicio de tales formas de pensamiento.

1 Universidade de São Paulo, Faculdade de Educação, Departamento de Metodologia do Ensino e Educação Comparada. Laboratório de Pesquisa e Ensino de Física – LaPEF. Correo electrónico: lapef@fe.usp.br

2 Universidade de São Paulo, Faculdade de Educação, Departamento de Metodologia do Ensino e Educação Comparada. Laboratório de Pesquisa e Ensino de Física – LaPEF. Correo electrónico: ampdcarv@usp.br

Una parte del programa de Ciencias para la Enseñanza Fundamental se refiere al contenido de la Física y para su desarrollo buscamos planear actividades relacionadas con conocimientos físicos (Carvalho *et al.*, 1998) que tienen por objetivo favorecer a los alumnos para que resuelvan problemas del mundo físico. Teniendo en cuenta sus capacidades se propician, de manera sistemática, propuestas de solución y explicaciones a dichos problemas. En la planeación de estas actividades, además de focalizarnos en el conocimiento físico, buscamos también proponer una metodología de enseñanza que tenga en cuenta los conocimientos que han surgido como resultado de las investigaciones en el área de enseñanza de ciencias.

Así proponemos problemas experimentales para que los alumnos los resuelvan en grupos pequeños (4 o 5 niños). En esta etapa, al buscar una solución, los niños actúan sobre los objetos, pero se trata de una acción limitada a la simple manipulación y/u observación; en la discusión con sus pares, ellos reflexionan, elaboran y prueban sus hipótesis; discuten explicando a los otros compañeros de grupo lo que están haciendo. El trabajo práctico es fundamental para la creación de un sistema conceptual coherente y proporciona –cuando los alumnos discuten en el grupo– “el pensamiento que está por detrás del hacer”.

Después de que los grupos han hallado sus soluciones, organizamos la clase en círculo para que los estudiantes puedan relatar a toda la clase lo que hicieron; todo esto sucede bajo la dirección de la profesora, en el momento en que –mediante un ejercicio meta cognitivo– se propicia que los estudiantes establezcan el “cómo” consiguieron resolver el problema y el “por qué” las soluciones encontradas fueron correctas o incorrectas. Ahora, la clase proporciona el espacio y tiempo necesarios para la sistematización colectiva del conocimiento y la toma de conciencia de lo que se realizó. Al escuchar al otro, o al responder a la profesora, el alumno no solo recuerda lo que hizo, sino que también colabora en la construcción del conocimiento que está siendo sistematizado. En este proceso se va requiriendo el desarrollo y sistematización de actitudes científicas (Harlen, 2000); es en esta etapa cuando se presenta la posibilidad de ampliación del vocabulario de los estudiantes, y con la ayuda de la profesora, de mejorar en procesos como la argumentación de sus ideas, propiciando una comunicación real entre ellos (Harlen, 2001). Esto es lo que Lemke (1997) denomina como el inicio del “aprender a hablar en ciencias”.

Pero la ciencia no se elabora solo haciendo y relatando lo que se hizo; es necesario también aprender a escribir ciencia (Sutton 1998). El diálogo y la escritura son actividades complementarias, pero fundamentales en las clases de ciencia. Mientras que el diálogo es importante para generar, clari-

ficar, compartir e intercambiar ideas entre los alumnos, el uso de la escritura se presenta como un instrumento de aprendizaje que exalta la construcción personal del conocimiento. Como lo muestran Rivard y Straw (2000, p. 583): “El discurso oral es divergente, altamente flexible, y requiere de pequeños esfuerzos por parte de los participantes mientras ellos exploran ideas colectivamente, pero el discurso escrito es convergente, más focalizado y demanda mayor esfuerzo del escritor”. Así, nuestras actividades de enseñanza terminan con la solicitud, por parte de la profesora, a los niños para que dibujen y elaboren individualmente un texto sobre lo que se hizo en clase.

Por otra parte buscamos, al momento de planear nuestras actividades acerca de conocimiento físico –para los alumnos pertenecientes a un curso de las primeras series de la enseñanza fundamental–, restablecer tanto el carácter humano como el nivel de incertidumbre que la ciencia conlleva, ya que esta finalmente es producida por el mismo hombre. Fue en torno a este objetivo que organizamos la enseñanza, para que nuestros alumnos experimenten, hipotetizen y argumenten sobre los conceptos científicos. Como lo dice Sutton (1998, p. 32), “Si restablecemos la autoría humana y readmitimos la incertidumbre y la posibilidad del argumento, podemos ayudar a los estudiantes a adquirir una idea de ciencia no fabricada”.

Las clases que planeamos comprenden actividades con agua, aire, luz, equilibrio y movimiento. Estas clases buscan observar, mediante el desempeño en el aula, la formación de los profesores.<sup>3</sup>

Estas actividades se convirtieron en objeto de trabajo de varias investigaciones y tienen la intención de comprender cómo los alumnos construyen conocimiento científico (Carvalho, 2004, 2007, Capecchi y Carvalho 2000).

En el acompañamiento al desarrollo del interrogante sobre cómo los estudiantes construyen el conocimiento científico en el aula, la pregunta que motivó y propició la presente investigación fue: “¿Los alumnos, al resolver los problemas intrínsecos en las actividades, presentaron indicios de la utilización de estructuras hipotético-deductivas y del establecimiento de relaciones de compensación?”

Más adelante estaremos abordando también el papel del profesor y su responsabilidad en la creación de un ambiente propicio, en el cual los alumnos se motiven para exponer sus pensamientos y puedan argumentar a partir de sus propios razonamientos, dentro de las dinámicas del aula, pues como anotan Monteiro y Teixeira (2004), el estímulo, la observación, la

---

3 Grabadas en vídeo y a disposición en la Internet, en la página [www.lapef.fe.usp.br](http://www.lapef.fe.usp.br)

participación y la libre manifestación de las ideas, son actitudes que deben ser garantizadas para que los alumnos puedan construir argumentos según las características de la cultura científica.

En los próximos ítems mostraremos los referentes teóricos que sirvieron de base para el análisis de las clases.

## El pensamiento hipotético-deductivo y un análisis de los argumentos

En esta sección se realizará una síntesis de los patrones de argumentación de Toulmin (2001), una sistematización del trabajo de Lawson (2002- 2004) sobre el pensamiento hipotético deductivo y finalmente una comparación de estos dos trabajos.

### ***Patrón de argumentación de Toulmin***

Presentaremos algunos puntos centrales referidos al patrón de argumentación de Toulmin, extraídos de su libro *Los usos del argumento*. Esta breve discusión tiene como objetivo direccionar nuestro trabajo para el estudio de los argumentos utilizados en el campo de las ciencias, más específicamente los argumentos hipotético-deductivos.

Según el autor, podemos producir argumentos de muchos tipos, pero ciertas semejanzas básicas pueden ser reconocidas, revelando una serie de prácticas distinguidas, teniendo como inicio la presentación de un problema o una pregunta.

El autor hace distinciones entre los fundamentos para la discusión, los resultados y las conclusiones. Este proceso es escrito de forma resumida en la expresión: “si D, entonces C”, siendo necesaria la presencia de proposiciones generales hipotéticas que sirvan como puentes, capaces de establecer una conexión entre los argumentos específicos y su respectiva conclusión. Toulmin (2001) distingue y denomina estas proposiciones como garantías de ser. El proceso en que se utilizan o establecen “garantías” es denominado normalmente como “deductivo” (p. 173).

Si tuviéramos que tener en cuenta estas características para nuestro argumento, el modelo tendría que ser más complejo, por ejemplo, debería presentar la siguiente estructura constituida por los elementos principales: “el resultado”, “la conclusión” y “la justificación”. En el que la estructura básica para presentarse un argumento es: “a partir de un dato (D)”, “desde que la justificación o garantía (W)”, “entonces se llega a la conclusión (C)”. En el caso de un argumento completo, podemos añadir los criterios de eva-

luación (Q) y condiciones de excepción o refutación (R), indicando así un “peso” de plausibilidad en determinada justificación para dar soporte a la conclusión. Así, los criterios y las refutaciones dan los límites de actuación de una determinada justificación, complementando el ‘puente’ entre el resultado y la conclusión.

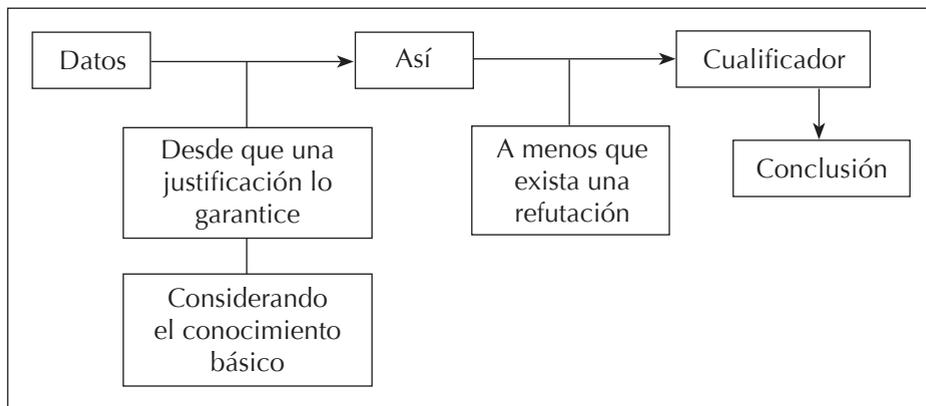


Figura 1. Patrón de Argumento completo propuesto por Toulmin (2001)

### ***El pensamiento hipotético-deductivo en ciencias***

Presentaremos una sistematización de algunos de los trabajos desarrollados por Lawson (2002, 2004) sobre la estructura del pensamiento hipotético-deductivo.

El autor retoma y presenta el pensamiento de Galileo Galilei como ciencia hipotético-deductiva, revelando importantes elementos de la prueba patrón del pensamiento que guió este descubrimiento. Otro ejemplo utilizado es la investigación de Walter Álvarez (1970-1990) sobre una causa sólida acerca de la extinción de los dinosaurios hace 65 millones de años. Lawson (2004) presenta, en ocho episodios en torno al pensamiento hipotético-deductivo, las etapas que corroboran su importancia en los descubrimientos científicos y, por lo tanto, en la cultura científica.

En ambas publicaciones, Lawson desarrolla y estructura los descubrimientos según el patrón, que tiene su inicio en el término “Se...”, ligado directamente a las hipótesis (proposición); el término “Y...” dice respecto al aumento de condiciones de base (prueba); el término “Entonces...” es relativo a los resultados esperados (a las consecuencias esperadas); el término “Y...” o “Más” a los resultados y consecuencias reales y verdaderas. El término “Y...” debe ser utilizado si los resultados obtenidos se relacionan con los esperados y el término “Pero...”, si hay un desequilibrio en los resultados;

de esta forma, el ciclo se reinicia con otras hipótesis y, finalmente, el término “Por lo tanto...” introduce la conclusión a la que se llega. Presentamos a continuación un diagrama que ayuda a sistematizar esa estructura.

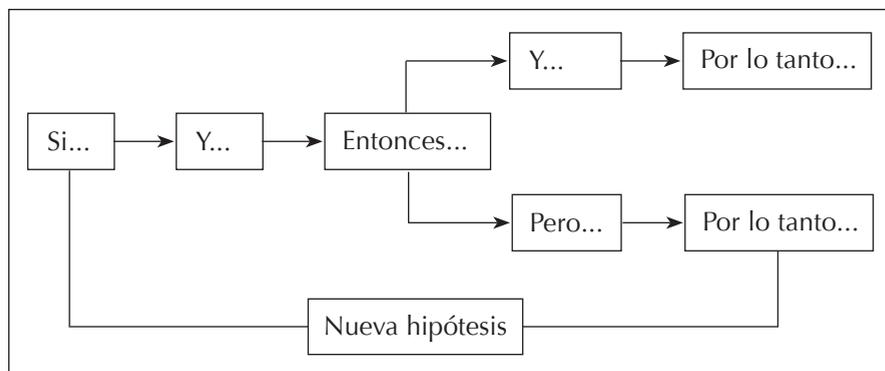


Figura 2. Patrón de Argumento completo propuesto por Lawson (2002, 2004)

Según esa estructura, el autor explica que esos patrones de la razón científica han sido usados para responder una gran cantidad de cuestiones científicas, y que muchos de los descubrimientos científicos son de naturaleza hipotético-deductiva en su esencia.

### **Comparación entre los patrones de Toulmin y de Lawson**

Intentaremos, finalmente, establecer una comparación entre el patrón propuesto por Toulmin (2001) para el análisis de argumentos completos y el patrón de representación del pensamiento hipotético-deductivo propuesto por Lawson (2002, 2004):

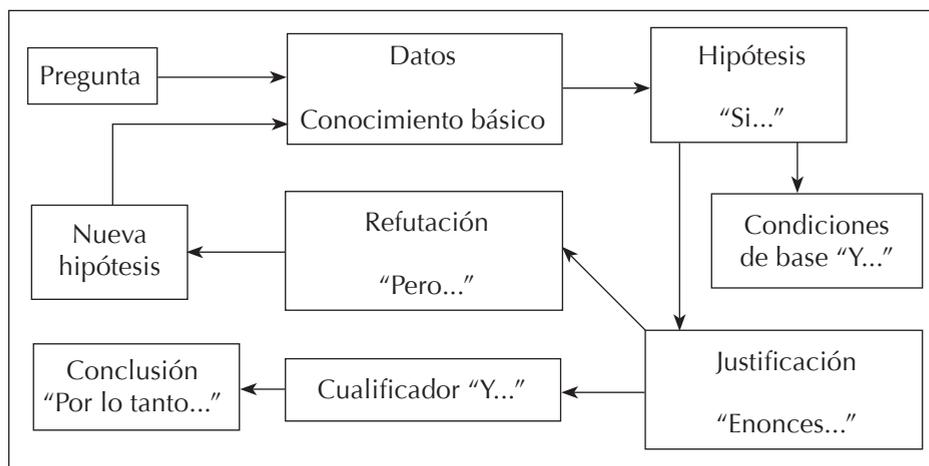


Figura 3. Comparación entre los patrones propuestos por Lawson (2002, 2004) y Toulmin (2001).

Partiendo de una cuestión o pregunta causal, los datos pueden ser extraídos. Es posible formular preguntas que puedan requerir la obtención de datos más precisos.

A partir de una “pregunta o problema” a ser resuelto y de los “datos” extraídos, se intenta formular una primera hipótesis “Se...” con base en los datos y en el “conocimiento previo disponible”. Ese conocimiento previo, junto con algunas condiciones específicas, puede direccionar el aumento de condiciones “de base ‘Y...’”, construyendo, así, la justificación “...” que hará la conexión entre la hipótesis “Se...” y los resultados esperados “Entonces...”.

En los resultados –aquellos que corroboraron la hipótesis– relacionados con el “criterio, ‘Y...’”, aunque atribuyan en un grado a la plausibilidad al argumento, si la hipótesis no es comprobada, deberá ser “refutada, ‘Pero...’”, y una próxima hipótesis tendrá que ser formulada. Finalmente, después de que una hipótesis es aprobada y confirmada, el problema será resuelto y la “conclusión, ‘Por lo tanto...’” será extraída.

### El niño y las relaciones de compensación

---

En este punto intentaremos estudiar el inicio de la construcción del pensamiento proporcional en niños pertenecientes al nivel que Piaget (1976) denomina como concreto (niveles IIA y IIB). Los niños que participaron en las clases, en las cuales las actividades fueron grabadas, están en el rango de edad comprendido entre los 7 y 10 años.

Las relaciones proporcionales involucran multiplicaciones lógicas bastante complejas, sin embargo, Piaget (1973, p. 165) explica el papel de la compensación en la construcción de la proporcionalidad, presentándola como el instante en que el sujeto comprende, frente a dos variables independientes, que “el aumento de una produce un resultado idéntico o contrario de la otra” (1973, p. 165), construyendo, así, un esquema cualitativo de la proporcionalidad.

En tales procesos compensativos, los niños toman conciencia de las variaciones y comportamientos del experimento, secuenciando los extremos: más alto, más bajo, más rápidos, más lentos, llegando a establecer correspondencias término a término, procediendo a través de las relaciones de sustitución, adición o supresión (igualdad de las diferencias). Por lo tanto,

siguen en la dirección de la ley, pero a través de simples correspondencias cualitativas, sin el uso de proporciones métricas (op. cit., p. 131).

La comprensión cualitativa de las compensaciones, verificadas y probadas a partir de una hipótesis, son muy importantes para que los niños, en los próximos niveles, lleguen a construir con éxito sistemas más complejos de compensaciones métricas y correspondencias multiplicativas, denominadas por Piaget (1976) como “proporcionalidad” o pensamiento “proporcional”.

### ***Autenticidad y causalidad en la construcción de las relaciones de compensación***

Partiendo del punto de vista epistemológico, como lo muestra Piaget:

*toda explicación causal acaba por incorporar la noción de estructura al sentido lógico-matemático. (...) Todos los campos de la física actual se constituyen por lo que se ha denominado como estructuras deductivas que tienden a dar respuesta a una necesidad, sin limitarse a la simple constatación o descripción de fenómenos (1977, p. 15).*

La explicación causal no expresa solamente las acciones del sujeto sobre los objetos, sino que también expresa las acciones que los objetos ejercen unos sobre otros (p. 328-329), procediendo así a generalizar las relaciones legales por composición operatoria, atribuido esto al poder real del pensamiento, y reuniendo todos los estados y cambios de estado posibles según un principio de composiciones simultáneas (p. 332-333).

En la causalidad encontramos siempre dos aspectos: una transformación –novedad– y una relación necesaria, que son las exigencias de las operaciones lógico-matemáticas, sin las cuales no hay posibilidad de hablar de causalidad (Piaget, op. cit, p. 16).

Esa interrelación puede ser descrita en dos niveles: inicialmente, la autenticidad, que representa el momento en el que los niños aplican sobre los objetos sus operaciones para que comprendan las relaciones elementales o medidas; y la causalidad, cuando el sujeto proyecta sus estructuras operatorias sobre los objetos.

<b>Construcción de las explicaciones dadas en el aula</b>		
<p>Los alumnos comenzaron a tomar conciencia de las coordinaciones de los eventos reconstruyendo el conocimiento a través de sus acciones y de lo que ellos conseguían observar durante la experiencia (los gestos pueden ser necesarios, ya que el lenguaje científico está siendo construido)</p>	<p>Son realizadas las llamadas conexiones lógicas entre las acciones del sujeto y las relaciones de los objetos establecidos.</p>	
	<p><b>Legalidad</b></p> <p>Relativo a las relaciones repetitivas, obtenidas por la contrastación de los datos, permaneciendo en el dominio de las observaciones;</p> <p>Las representaciones o estructuras de pensamiento son aplicadas a los objetos.</p> <p><i>“... la gente fue colocando...; ... la gente colocaba...”</i></p>	
	<p><b>Se inicia la conceptualización (inicio de nuevas concepciones)</b></p>	
	<p><b>Causalidad</b></p> <p>Atribución de las estructuras operatorias del sujeto al objeto.</p> <p><i>“... el objeto desciende...; ... el objeto asciende...”</i></p> <p>Repasando las observaciones de los niños en busca de una nueva palabra (una novedad) para explicar las relaciones entre las grandezas.</p> <p><i>“... es una presión...; ... es una fuerza...”</i></p>	

Tabla 1. Síntesis de los principales aspectos en los niveles de explicación.

En la tabla anterior señalamos, de manera sucinta, cómo ocurre el proceso de evolución de las explicaciones causales. Para nuestro análisis, verificaremos cómo la evolución de las explicaciones se relaciona con el proceso de construcción de la compensación y del pensamiento hipotético-deductivo por los alumnos durante las clases.

## Metodología de investigación

---

La metodología utilizada en el presente trabajo es del tipo cualitativa, pues estaremos analizando las relaciones establecidas y el razonamiento utilizado por los alumnos a partir de las transcripciones de sus diálogos.

En este contexto, la atención centrada en el diálogo es importante, pues, según Yore *et. al.* (2003):

*el lenguaje es como una ventana, o sea, como una posibilidad de comprender el pensamiento de la persona, haciendo posible la consideración de las asociaciones culturales en la construcción de ideas científicas y que la atención direccionada a esta, podría mejorar la comprensión del pensamiento científico utilizado por el alumno (p. 702).*

Nuestro grupo de investigación utiliza el registro en vídeo, una vez la grabación favorece la recolección de los datos mostrando el aula, su contexto y la dinámica, además de las relaciones profesor-alumno y alumno-alumno (Carvalho, 2005).

Nos enfocaremos entonces en las tres primeras etapas de la clase, es decir, cuando los alumnos están en el grupo pequeño resolviendo el problema y cuando ya, en el grupo grande, están discutiendo bajo la orientación del profesor. Estos son los momentos en que los estudiantes, al intentar explicar el “¿cómo?” y el “¿por qué?”, presentan, por medio de los lenguajes gestual y oral, las estructuras del pensamiento utilizadas para llegar a la resolución del problema propuesto.

Las clases analizadas en el presente trabajo de investigación fueron asistidas varias veces, así como los datos arrojados cuando los alumnos argumentaban en conjunto y que fueron recolectados por medio de transcripciones de las sesiones de enseñanza. Se transcribió tanto el lenguaje oral como la configuración de los gestos utilizados por los alumnos.

Se prestó gran atención al uso del lenguaje gestual, ya que en ese nivel de enseñanza los alumnos tienen cierta dificultad para expresarse haciendo uso del lenguaje científico, pues este, inicialmente, es utilizado de forma confusa e inconclusa (Roth y Lawless, 2002). Por lo tanto, durante el discurso, si los estudiantes ilustraban sus expresiones orales con gestos pertinentes a la comprensión de sus formas de pensamiento, estos eran transcritos en forma de dibujos, guardando la correspondencia con el turno respectivo.

En cuanto al uso del lenguaje oral, y al analizar las participaciones de los alumnos, el parafrasear fue utilizado con la intención de hacer más evidente el patrón de pensamiento, pues aunque el alumno haga uso de tal patrón para estructurar su pensamiento, las palabras por él utilizadas pueden no ser idénticas a aquellas presentadas por Lawson (2002, 2004), aún siendo su sentido coincidente con la propuesta del autor. Utilizamos el símbolo “< >” cuando insertáramos palabras en los diálogos de los alumnos, por ejemplo, “o, y si, y, entonces, pero, por lo tanto” y cuando quisimos utilizar su propio lenguaje para mostrar nuestro análisis.

Señalamos la presencia de las relaciones de compensación, que fueron utilizadas por los alumnos durante las clases de forma cualitativa, o sea, mostrando, por medio del discurso o del lenguaje gestual, las variables involucradas y el proceso por el cual los niños establecieron tales relaciones. Para hacer más evidentes algunos aspectos de nuestro análisis, cada vez que las palabras “mayor”, “menor”, “mientras más” o “mientras menos” sean utilizadas, serán resaltadas con negritas y subrayadas.

En el presente trabajo mostraremos los análisis de datos tomados de dos actividades: “el problema de las sombras en el espacio” y el “problema del submarino”.

## Análisis de los resultados

---

A continuación presentamos los resultados del análisis de dos situaciones: el problema de las sombras en el espacio y el problema del submarino.

### ***El problema de las sombras en el espacio***

La actividad denominada “El problema de las sombras en el espacio” fue desarrollada en una clase de ciencias de la 4ª serie de la enseñanza fundamental (alumnos de 10 años). Cada grupo de alumnos recibió un kit experimental semejante a la figura que se presenta a continuación. El problema que se planteó a los alumnos fue: “¿cómo hacer para colocar todas las piezas dentro de la sombra?”

La profesora presentó los materiales a la clase y los distribuyó en los grupos. Los alumnos iniciaron el trabajo y observaron los colores y las dimensiones de las piezas. Así, el problema fue propuesto en la secuencia establecida en la investigación.

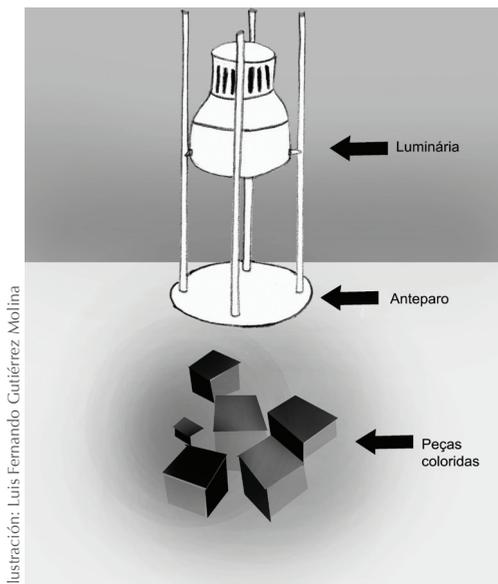


Ilustración: Luis Fernando Gutiérrez Molina

Figura 4. Montaje del kit. El problema de la sombra en el espacio.

Durante la experimentación percibimos, por medio de las acciones realizadas por los alumnos, que diversas hipótesis fueron formuladas, siguiendo la estructura que se presenta a continuación:

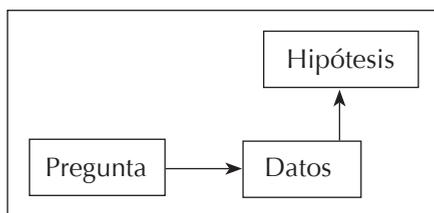


Figura 5 Hipótesis problema de la sombra en el espacio

En el siguiente turno, el alumno verificó, a través de movimientos con la mano, la región de sombra existente debajo de la lámpara.

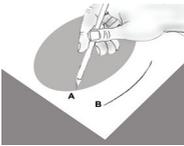
Tiempo	Turno	Discurso/Acciones	Gestos/Figuras
11:12	055	<p>Alumno 7: aquí está muy bonito. ¿Aquí tiene claridad? ¿Tiene claridad? Déjame ver (1). No tiene, no.</p> <p>(1) Alumno colocó la mano en el espacio abajo de la lámpara para observar la existencia o no de luminosidad.</p>	<p>(1)</p>

Tiempo	Turno	Discurso/Acciones	Gestos/Figuras
13:45	060	Alumno 10: De modo que esta aquí, va a quedarnos cogiendo la luz (1), entonces yo que tengo que hacer esto aquí... (2) levantar más.	(1) (2) 
13:51	061	La profesora llegó al grupo y preguntó: ¿Por qué usted tiene que levantar más?	
14:53	062	Alumno 10: para que la sombra pueda ser mas grande y caber todas esas piezas. Porque si yo la deajo así, no iban a caber todas esas piezas en la sombra.	

Ilustraciones: Luis Fernando Cufiérrez Molina

En el evento de arriba el alumno argumentó, presentando el inicio de la relación compensatoria, que fue mucho más evidente en el turno (062), en el que el niño, después de corroborar la hipótesis, respondió a la pregunta de la profesora: “¿Por qué usted tiene que levantar más?”, “Para que la sombra pueda ser más grande y caber todas esas piezas. Porque si yo la deajo así, no iban a caber todas esas piezas en la sombra”.

En el otro grupo los integrantes, con el propósito de que comprendieran mejor los resultados observados, registraron los límites de la proyección de la sombra en la cartulina. Esta acción comprueba la afirmación de Capecchi *et al.* (2000), de que los alumnos hacen uso amplio de datos empíricos, una vez que esas actividades son aplicadas sin teoría previa.

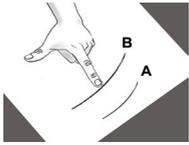
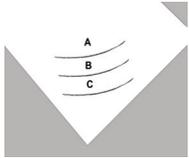
Tiempo	Turno	Discurso / Acciones	Gestos/Figuras
15:59	066	El Alumno 3, con el lápiz, trazó la hoja, contorneando la proyección de la sombra. Inicialmente con la lámpara más alto y después, más bajo.  Alumno 3: Ahora ella es mucho más grande... está viendo... está viendo. Si la gente la baja... ella va a ser... mira vamos a ver la medida, o... ella está AQUÍ... (Marca “A de” la figura). Vamos a bajarla el alumno 2 junto conmigo... ahora vea... ¿Ella donde está? Aquí o... (Marca “B” de la figura). ¿Entendió? Ella está aquí. Mientras más usted baja, ella más va disminuyendo, mientras usted más levanta, ella va... haciéndose más grande, quedando más grande... ¿Entendió?	

Tiempo	Turno	Discurso / Acciones	Gestos/Figuras
16:57	067	Alumno 3: Si yo la levanto hasta aquí, más o menos (1)... ella se va a pasar de la hoja, quedando en el suelo... ¿Entendió? Es eso.	(1) 
17:00	068	Alumno 2: Cada vez que usted levanta, ella se hace más grande.	

Ilustraciones: Luis Fernando Gutiérrez Molina

El alumno 3, en el turno 066, al argumentar: “Mientras más usted baja, ella más va disminuyendo, mientras usted más levanta, ella va... haciéndose más grande, quedando más grande... ¿Entendió?”, se evidenció la utilización de la relación de compensación existente entre las variables: altura de la lámpara y rayo de proyección de la sombra, por medio de asimilación de secuencias (Piaget, 1974).

En los próximos turnos, se hará mucho más evidente la estructura de pensamiento utilizada, una vez que la argumentación de los alumnos comienza a ser presentada de forma más sistemática.

Tiempo	Turno	Discurso/Acciones	Gestos/Figuras
17:38	073	Alumno 3: Es que esta marca de aquí (“A”) cuando ella estaba allá encima, ella se quedó aquí. Y cuando la gente la bajó, ella se quedó aquí (“B”)... ¿Entendió? Es ese el problema.	
18:18	074	Alumno 4: Pero ella puede hacerse de varios tamaños.	
18:20	075	Alumno 3: PUEDE... si yo la bajo más, ella va a disminuir más, ¿entendió?	
18:27	076	Alumno 3: Ahí o... ¿Dónde ella? Donde ella... aquí mira donde ella ya está, o... aquí, o... aquí, o... de aquí (“A”). Si yo la bajo, ella vino hacia acá (“B”)... yo la bajé un poco más, ella vino hacia acá (“C”)... mientras yo más la voy bajando ella va disminuyendo... ahora si yo la levanto <inaudible>. La luz estará aquí, o... ¿Entendió?	
18:44	077	Alumno 4: Sube, aumenta, se hace más grande.	

Ilustraciones: Luis Fernando Gutiérrez Molina

Tiempo	Turno	Discurso/Acciones	Gestos/Figuras
18:46	078	Alumno 3: Eso, cuando sube para arriba, ella se hace más grande... cuando baja ella se hace más pequeña... ¿Entendió? Es ese el cálculo.	
19:06	079	Alumno 4: Entonces, vamos a dejarla grande para que quepan más.	

El alumno 3 retomó su razonamiento e hizo reaparecer la relación de compensación entre las variables utilizando ciclos **“Se..., Entonces...”**. Parafraseando el turno (075): “...si yo la bajo más, ella va a disminuir más, ¿entendió?” o aún, en el turno (078): “Eso, cuando sube para arriba, ella se hace más grande... cuando baja ella se hace más pequeña... ¿Entendió? Es ese el cálculo”.

En el cuadro que se presenta a continuación, el alumno 5 encontró dificultades en corroborar las compensaciones correctas. Sin embargo, la profesora no suministró la respuesta correcta, postura que fue esencial para que los alumnos argumentaran de forma tal que buscaban refutar el argumento del compañero.

Se puede verificar la importancia de la discusión y del cambio de ideas entre los integrantes del grupo para la construcción del conocimiento científico:

Tiempo	Turno	Discurso/Acciones	Gestos/Figuras
28:29	117	Alumno 3: Vamos a levantarla hasta aquí.	
28:33	118	Alumno 5: Yo creo que cuando va aumentando va se quedando más claro.	
28:37	119	Alumno 3: No es ó. Cuando ella va aumentando, va haciéndose más grande <mostrando la sombra>.	

El alumno 5, de turno (118), presentó la siguiente hipótesis: *“Yo creo que cuando va aumentando se va quedando más claro”*, refutada por el alumno 3, que intenta persuadirlo por medio de una nueva hipótesis, formulada con base en los datos empíricos observados: *“Cuando ella va aumentando, va haciéndose más grande”*.

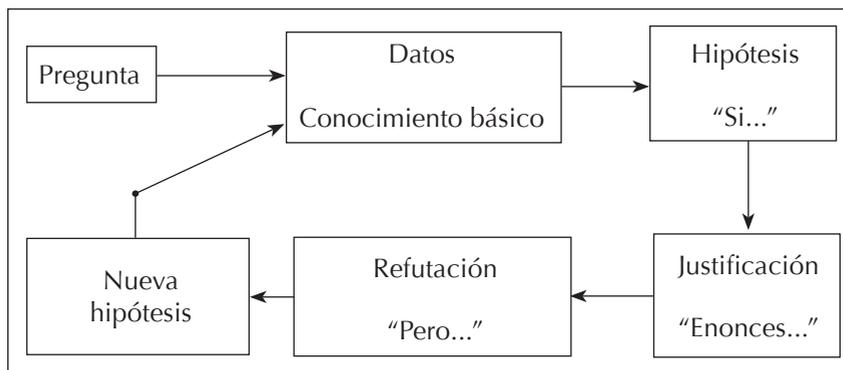


Figura 6. Verificación de las relaciones entre las variables.

En seguida, la profesora formuló preguntas con “¿cómo?”:

Tiempo	Turno	Discurso/Acciones	Gestos/Figuras
36:05	157	Alumno 7: Es profesora, cuando levantaba más la luz, el círculo era más grande. Ahí daba para colocar todo. Ahí se colocará.	
36:12	158	Prof.: No entendí, ¿cómo fue que ustedes hicieron?	
36:14	159	Alumno 7: Levantamos más la luz.	
36:16	160	Prof.: Habla más alto.	
36:23	161	Alumno 7: Levantamos más la luz. Para que el círculo se hiciera más grande. Ahí colocábamos todo ordenado. Cuando se baja, el balón me quedaba pequeño y daba para pasar (...) las piezas.	

En los diálogos por turnos presentados arriba, el alumno 7 presentó la compensación, explicando que si aumentáramos la altura de la lámpara, el rayo de proyección de la sombra también aumentaba, y si disminuyéramos la altura, el rayo de proyección también disminuiría. Parafraseando el turno (161), podemos observar que el niño presentó la hipótesis “Si”, en seguida mostró la justificación del resultado esperado: “Entonces” y, por fin, presentó la evidencia que lo llevó a esta justificación: “Y” *Levantamos más la luz. Para que el círculo se hiciera más grande. Ahí colocábamos todo ordenado. Cuando se baja, el balón me quedaba pequeño y daba para pasar (...) las piezas.*”.

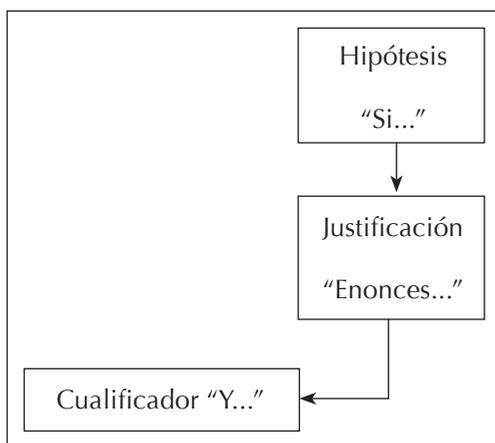
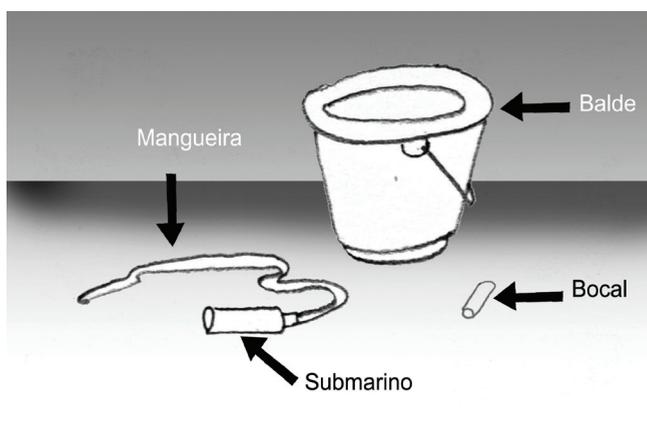


Figura 7. Estructura de argumentación

Es importante destacar que en esta actividad, se otorgó bastante tiempo para la etapa experimental, de esa forma, fueron propiciadas condiciones bastante favorables para el desarrollo de la argumentación por parte de los alumnos.

### ***El problema del submarino***

La actividad “El problema del submarino” fue realizada en una clase de ciencias de la 3ª serie de la enseñanza fundamental (alumnos de 9 años). El problema propuesto a los estudiantes fue: “¿cómo hacer para que el submarino se hunda o flote en el agua?”.



Ilustraciones: Luis Fernando Gutiérrez Molina

Figura 8. Montaje del kit – El problema del submarino.

Al inicio de la clase los materiales son presentados, distribuidos en un Kit para cada grupo de 4 a 5 niños, y es entonces cuando la profesora propone el problema. Los estudiantes trabajaron el experimento y discutieron sobre el problema construyendo su solución.

El alumno 3 formuló la hipótesis de que, para hundir el submarino, debería “succionar” el aire de su interior. Después de realizar la prueba, la profesora enfatizó en el resultado que concordó con la hipótesis formulada.

Tiempo	Turno	Discurso/Acciones	Gestos/Figuras
08:19	063	La profesora coloca el submarino sobre el agua de tal forma que el mismo quede flotando: Prof.: Ahora lo suelta. Él está en equilibrio, está viendo. Él no está ni muy para encima ni muy por debajo.	
08:45	064	Prof.: Ahora está, está bien. Ahora yo quiero que usted lo hunda.	
08:56	065	Alumno 3: Tiene que succionar el aire, °intenta!	
09:07	066	Alumno 2: Déjame intentar. El Alumno 2 coge el pitillo, e inmediatamente inicia la succión. El Alumno 1 muestra gran expectativa en cuanto a los resultados.	
09:11	067	Prof.: Ahí, mira, bajó de una vez. Mira, ¿está viendo?	

Después de esta validación, el alumno 3 explicó los resultados observados, haciendo uso del término “Entonces...”:

Tiempo	Turno	Discurso/Acciones	Gestos/Figuras
09:15	072	Alumno 3: Entonces para ascender tiene que soplar y para descender tiene que succionar el aire.	

Aún después de que el alumno 3 presentara las relaciones correctas sobre sus acciones, la profesora los llevó a continuar experimentando para que los demás alumnos también pudieran observar y construir sus propias explicaciones.

En el turno que se presenta a continuación, el alumno 3 retomó su razonamiento, introduciendo el término “pesado”, sin embargo atribuyó la causa del mayor peso al aire.

Tiempo	Turno	Discurso/Acciones	Gestos/Figuras
11:49	098	Alumno 3: yo creo que cuando usted succiona el aire, él consigue subir. Debido a que cuando la gente sopla, el aire se queda muy pesado y él no consigue quedarse debajo.	

En los siguientes turnos, podemos observar la importancia de la argumentación y discusión entre los alumnos, pues ambos estaban simultáneamente trabajando en la sistematización de las explicaciones.

Tiempo	Turno	Discurso/Acciones	Gestos/Fig.
27:06	197	Alumno 3: Cuando usted sopló, el ascendió o descendió?	
27:13	198	Alumno 1: Él subió.	
27:15	199	Alumno 3: Pero, ¿por qué subió?	
27:20	200	Alumno 1: Porque yo soplé así fu... fu, ahí él fue subiendo y cuando yo coloque el aire, ahí él descendió, fue descendiendo.	

A continuación, el alumno 3 formula una explicación del tipo legal y establece las relaciones entre el aire y el agua, presentándola por medio de dos ciclos “Se... Entonces...”.

Tiempo	Turno	Discurso / Acciones	Gestos / Fig.
30:37	222	Alumno 3: tranquila °espera!... Yo vi que cuando la gente sopla el aire sale bastante, cuando la gente sopla sale toda el agua y cuando la gente succiona el aire, comienza a entrar agua y el aire va saliendo por el tubo.	

Podemos parafrasear el diálogo: "...La gente sopla, sale toda el agua y la gente succiona el aire, comienza a entrar agua y el aire va saliendo por el tubo".

Nuevamente la profesora comenzó a formular preguntas que contenían el "¿Cómo?":

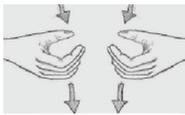
Tiempo	Turno	Discurso/Acciones	Gestos/Figuras
39:34	271	Prof.: ahora quiero saber ¿cómo hicieron ustedes para resolver el problema?	

El alumno 6 explicó haciendo uso de los ciclos "**Se... Entonces**" y "**Se... Y, ... Entonces**" para referirse a las dos situaciones observadas, o sea, cuando el submarino se hundió y cuando quedó en equilibrio; podemos también verificar la construcción de la compensación, en el instante en el que el alumno distinguió que cuanto mayor es el volumen de agua en el interior del submarino, más se hunde.

Tiempo	Turno	Discurso/Acciones	Gestos/Fig.
42:44	272	Alumno 6: cuando la gente succiona hacia fuera, nada. No, primero cuando la gente succiona para dentro, el agua, si el agua cubre todo el tubo, él se hunde, ahora si... si cubre hasta la mitad y que tenga un poquito de aire él se equilibra así.	

Parafraseando, obtenemos: "... cuando la gente succiona para dentro, el agua, si el agua cubre todo el tubo, él se hunde, ahora si... si cubre hasta la mitad y al tener un poquito de aire él se equilibra así".

Después de que las relaciones compensatorias son establecidas, el alumno 6, en el turno (287), retoma su razonamiento, haciendo uso de una novedad, como el caso de la influencia del peso sobre el agua, la cual se identifica como la causa del hundimiento o flotación el submarino. La explicación puede ser caracterizada como de tipo causal, presentando las relaciones encontradas por medio de ciclos "Si..., Entonces..." y, finalmente, la conclusión "Por lo tanto...", completando así la estructura del pensamiento.

Tiempo	Turno	Discurso/Acciones	Gestos/Figuras
45:07	287	Alumno 6: Tiene que ver el agua también. Si... es... cuando la gente coloca mucha (1) agua, se hace más pesado (2), cuando... tiene aire, él se hace más liviano y cuando hay un poquito de agua y un poquito de aire él se equilibra.	<p>Alumno 6 gesticula:</p> <p>(1)</p>  <p>(2)</p> 

Parfraseando, encontramos ciclos “Si..., Por lo tanto...”, “Si..., Por lo tanto” y “Se..., Y..., Entonces...”: “Si... es... cuando la gente coloca mucha (1) agua, se hace más pesado (2), cuando... tiene aire, él se hace más liviano y cuando hay un poquito de agua y un poquito de aire él se equilibra”.

A pesar de que la compensación no queda explicitada de manera clara, pues las cantidades de aire y agua son difíciles de ser observadas, podemos verificar que el estudiante relaciona la cantidad de agua en el interior del submarino y el peso del mismo: “mucha agua, se hace más pesado” y “un poquito de agua y un poquito de aire él se equilibra”. Analizando la evolución de la estructura de pensamiento presente en la argumentación del alumno 6, expresada en los turnos (272) y (287), verificamos que esta presenta la estructura:

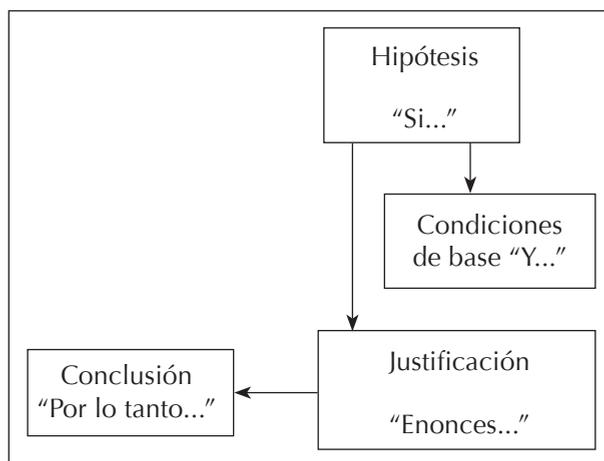


Figura 9. Estructura de argumentación para la explicación de tipo casual.

Es importante resaltar que –en esa clase– la profesora no formuló preguntas que contuvieran el “¿por qué?”; sin embargo, se pudo mostrar que las explicaciones causales fueron bien caracterizadas en los diálogos de algunos alumnos, y solamente en el instante en que ellos atribuyeron al peso la causa del efecto, el término “Por lo tanto...” fue revelado en la estructura del pensamiento utilizado.

## Consideraciones finales

---

Observamos que cuando el profesor crea un ambiente de aprendizaje interactivo, estimulando la participación, proporcionando a los estudiantes tiempo para que reflexionen y formulando preguntas que los lleven a tomar conciencia de cómo lo hicieron y por qué el problema se solucionó correctamente, se puede decir que existen condiciones en el aula de clase para que los estudiantes estructuren argumentos sistematizados y completos.

El análisis de la argumentación de los estudiantes ha revelado que a través del lenguaje oral y gestual, quienes resuelven el problema en pequeños grupos, tienen la oportunidad de formular y corroborar sus propias hipótesis, y que en el grupo principal pueden llegar a explicar cómo resolvieron el problema y por qué estas soluciones fueron correctas, van estableciendo poco a poco relaciones entre las variables del fenómeno estudiado.

En la búsqueda de relacionar estas variables, los alumnos van utilizando –aunque de modo deficiente– dos importantes razonamientos presentes en la cultura científica: el establecimiento de las relaciones de compensación y el pensamiento hipotético-deductivo. Estos razonamientos no aparecen de manera estructurada en las argumentaciones de los estudiantes, sin embargo, en la medida en que van describiendo mejor el problema propuesto, se van estructurando paulatinamente.

El razonamiento compensatorio aparece primero, cuando los alumnos, al responder “cómo resolvieron el problema”, tomando conciencia de sus resultados empíricos, relacionan las variables y la secuencia de cómo obtuvieron dichos resultados cuando realizaban la experimentación en pequeños grupos. Al explicar esta secuenciación, van utilizando el razonamiento compensatorio.

La aparición del pensamiento hipotético-deductivo se hace evidente también en estas primeras explicaciones de los alumnos. Sin embargo, las relaciones “se... están”, que nacen junto con las explicaciones legales, es decir, con el razonamiento compensatorio, solamente van a completarse cuando

los estudiantes buscan una causa para explicar la resolución del problema. Cuando los alumnos explican la relación causal, el razonamiento “si... entonces... por lo tanto” se completa.

## Referencias bibliográficas

---

Capecchi, M. C. V. M. y Carvalho, A. M. P. (2000). Argumentação em uma aula de conhecimento físico com crianças na faixa de oito a dez anos. En: *Investigações em Ensino de Ciências*. Porto Alegre, 5 (3).

Capecchi, M. C. V. M. (2004). *Aspectos da cultura científica em atividades de experimentação nas aulas de física*. Tese (Doutorado em Educação) – Faculdade de Educação. São Paulo: Universidade de São Paulo.

Carvalho, A. M. P.; Barros, M. A.; Gonçalves, M. E. R.; Rey, R. C.; Vanucchi, A. I. (1998). *Ciências no Ensino Fundamental: o conhecimento físico*. São Paulo: Scipione.

Carvalho, A. M. P. (2004). Building up explanations in physics teaching. En: *International Research in Science Education*, 26 (2), 225-237.

\_\_\_\_\_ (2005). Metodología de investigación en enseñanza de física: Una propuesta para estudiar los procesos de enseñanza y aprendizaje. En: *Enseñanza de la Física*, 18 (1), 29-37.

\_\_\_\_\_ (2007). Enseñar física y fomentar una enculturación científica. En: *Revista Alambique, Didáctica de las Ciencias Experimentales*, (51), 66-75.

Driver, R.; Asoko, H.; Leach, J.; Mortimer, E. y Scott, P. (1999). Construindo Conhecimento Científico. En: *Química nova na escola* (9), 31-40.

Harlen, W. (2000). *Teaching, learning and assessing Science 5-12*. London: Paul Chapman Publishing.

\_\_\_\_\_ (2001). *Primary Science, taking the plunge* (2°. Ed.). Portsmouth: Heinemann,

Jimenez-Aleixandre, M. P. (2006). Argumentação sobre questões sócio-científicas: processos de construção e justificação do conhecimento na aula. En: *V Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências*, Bauru.

Lawson A. E. (2002). What does Galileo’s discovery of Jupiter’s moons tell us about the process of Scientific Discovery? En: *Science & Education* (11), 1-24.

\_\_\_\_\_ (2004). Rex, the crater of doom, and the nature of scientific discovery. En: *Science & Education* (13), 155-177.

- Lemke, J. (1997). *Aprendendo a hablar ciências: linguagem, aprendizagem y valores*. Barcelona: Paidós.
- Monteiro, M. A. y Teixeira, O. P. B. (2004). Uma análise das interações em aulas de ciências nas séries iniciais do ensino fundamental. En: *Investigações em Ensino de Ciências*, 9 (3). Porto Alegre.
- Piaget, J. (1973). *Biologia e conhecimento: ensaio sobre as relações entre as regulações orgânicas e os processos cognoscitivos*. Petrópolis: Vozes.
- Piaget, J. e Inhelder, B. Y. (1976). *Da Lógica da Criança à Lógica do Adolescente*. D. Moreira (Trad.). São Paulo: Pioneira.
- \_\_\_\_\_ (1977). *La explicasse em lãs Ciências*. Barcelona: Ediciones Martínez Roca.
- Rivard L. P. y Straw S. B. (2000). The effect of talk and writing on learning Science: An exploratory study. En: *Science Education* (84), 566-593.
- Roth, W. M y Lawless, D. (2002). Science, culture and emergence of Language. En: *Science & Education*, 86 (3), 368-385.
- Sutton, C. (1998). New perspectives on language in Science. En: B. F. Fraser y K. G. Tobin. *International Handbook of Science Education*, pp. 27-38. Boston: Kluwer Academic Publishers.
- Toulmin, S. E. (2001). *Os usos do argumento*. São Paulo: Martins Fontes.
- Yore, L. D.; Bizanz, G. L. y Hand, B. M. (2003). Examining the literacy component of science literacy: 25 years of language arts and science literacy research. En: *International Journal of Science Education*, 25 (6), 689-725.

# Un estudio etnográfico sobre la enseñanza de ciencias en las aulas de escuela primaria

Antonia Candela<sup>1</sup>

## Introducción

---

En este artículo me propongo mostrar la importancia del estudio de la interacción discursiva entre maestros y alumnos en las aulas escolares como un referente indispensable para mejorar la enseñanza de las ciencias naturales, manteniendo un diálogo entre la investigación nacional e internacional sobre este tema. Se entiende por interacción discursiva en el aula, el intercambio verbal que se realiza entre el docente y los alumnos. Pretendo contribuir a lo que plantea Jerome Bruner (1988, p. 132): “Lo que todavía nos falta es una teoría razonada de cómo interpretar la negociación del significado lograda socialmente, en cuanto a axioma pedagógico (...) en síntesis de la creación conjunta de la cultura como objeto de la enseñanza”. En particular, en este trabajo analizo si los maestros incorporan a la dinámica de la interacción en el aula, el conocimiento extraescolar de los estudiantes, particularmente el que tiene relación con su experiencia “empírica” fuera del aula, así como la forma en la que lo hacen.

Para el presente artículo se actualiza la revisión del campo de López y Mota (2003), tomando algunas referencias a publicaciones más recientes (en particular del 2005), en parte de importantes revistas, como *Science Education*, *International Journal of Science Education*, *Journal of Research in Science Teaching* y la revista española *Enseñanza de las Ciencias*. Si bien es necesario ubicar el trabajo frente a las tendencias actuales de investigación en enseñanza de la ciencia, también es conveniente ubicarlo en el marco de algunos de los avances que ha tenido la investigación educativa en el aula y especialmente en los enfoques socioculturales y cualitativos (Candela, Rockwell y Coll, 2004).

Con el objetivo de trabajar este punto de vista, con datos empíricos que permitan estudiar cómo se presenta en el aula lo que se sostiene teóricamente, analizaré fragmentos de la interacción discursiva entre docentes y alumnos en aulas de escuelas primarias públicas. En particular me enfocaré

---

1 Departamento de Investigaciones Educativas, CINVESTAV. Calz. de los Tenorios 235, Col. Granjas Coapa. Deleg. Tlalpan C.P. 14330. Tel: 50-61-28-00. Fax: 56 03 39 57. Correo electrónico: acandela@cinvestav.mx.

en la forma en la que se hace referencia en el aula a la “evidencia empírica” extraescolar de los alumnos, como parte de su conocimiento cotidiano, para estudiar cómo se establece y negocia esta experiencia para construir el conocimiento científico escolar.

## La enseñanza de ciencias y la investigación en el aula

---

La investigación sobre enseñanza de ciencias ha estado dominada por el propósito central de mejorar su práctica en el contexto escolar. Para lograrlo, se estudiaron algunos aspectos aislados del proceso, como la investigación sobre el proceso de aprendizaje de los niños. Estos estudios sobre el aprendizaje estuvieron marcados por las teorías psicológicas piagetianas que eran las que mayor presencia tenían en la época. Estas posturas que originaron los enfoques constructivistas, orientaron y siguen orientando gran parte de las investigaciones sobre enseñanza de ciencias, con estudios experimentales sobre las concepciones de alumnos y docentes, y sobre diferentes temáticas de la ciencia a partir de las cuales se diseñaron propuestas para tratar de cambiar las concepciones cotidianas por otras más cercanas a las científicas. Actualmente a estos estudios experimentales ya se añaden algunos otros que analizan diversos aspectos de la interacción didáctica en el aula, pero básicamente enfocados a poner en práctica las propuestas. De ciento ocho artículos y diecisiete revisiones de libros publicados en las revistas *Enseñanza de las Ciencias*, *Science Education*, *International Journal of Science Education* y *Journal of Research in Science Teaching* del año 2005, solamente trece trabajos no se refieren a propuestas. De éstos, solo cuatro artículos (Bronwen; Brown, Reveles y Kelly; Haigh; Morge; 2005) y un libro (Mortimer y Scott, 2003) estudian la interacción en aula natural sin intervención de propuestas; uno hace la historia de vida de una docente y en cuatro editoriales se habla de la necesidad de realizar estudios de caso y etnografías para acercar la investigación a las condiciones de los salones de clase y a los profesores, los cuales han dejado de leer las revistas y de tomar en cuenta las propuestas (Oliva, 2005). En un libro bastante actual de Fensham (2004) se hace una revisión de las tendencias de enseñanza de la ciencia a partir de los artículos publicados en dos revistas –*Science Education* y *Journal of Research in Science Teaching*– y de entrevistas a investigadores del área. Se plantea que en Europa la tradición es la didáctica que pretende un cierto grado de desarrollo de la persona sin atender tanto al contenido, mientras que en la tradición angloamericana el propósito es el currículo y se concluye que la mayor parte de la investigación ahí publicada se centra en teoría y método de la investigación más que en aplicaciones al aprendizaje y a la enseñanza. Textos previos a

este período se mencionan porque representan líneas relativamente nuevas del estudio de la construcción del conocimiento científico en contexto de aula, éstos son, el trabajo de Lemke (1990), quien abre el estudio del papel del habla en las clases de ciencia desde un enfoque semiótico; en México, el de Candela (1999), que estudia la interacción discursiva en clases de ciencias desde una perspectiva etnometodológica, y los trabajos pioneros que abren una línea poco explorada y de gran importancia que realizan estudios multimodales de la ciencia en el aula, en los que se articula el análisis de diferentes modos semióticos, como son las imágenes, los gestos y el movimiento corporal, además del lenguaje en la comunicación del conocimiento científico escolar (Ogborn *et al.*, 1996; Kress *et al.*, 2001).

A pesar de estas nuevas líneas de estudio que analizan las interacciones en el contexto escolar, podemos plantear que la investigación en la enseñanza de las ciencias todavía está marcada por propuestas diseñadas desde las consideraciones psicológicas externas a las condiciones de trabajo del aula y llevadas después hacia la escuela. Entre los aportes de estas investigaciones que han tenido más consenso está el modelo de “cambio conceptual” originalmente propuesto por Posner, Strike, Hewson y Gertzog (1982), en el que se plantean cuáles son las condiciones que permiten un cambio de las concepciones “erróneas” sobre los fenómenos naturales –desde el punto de vista de la ciencia– por unas más cercanas a las científicas. Después de más de treinta años, puede decirse que estas propuestas no han tenido gran influencia en las prácticas cotidianas de enseñanza ni en el cambio permanente de las concepciones de los alumnos.

Algunas de las principales razones por las que estos modelos de enseñanza de la ciencia no han tenido la efectividad esperada son:

- Los enfoques constructivistas piagetianos, que forman parte de los supuestos teóricos en los que se apoyan estas propuestas, estudian el aspecto individual de la construcción del conocimiento, mientras que el trabajo educativo en un contexto social –como lo es el escolar– requiere de un enfoque social para la construcción del conocimiento, como es el Vygotskiano (1984). A esta concepción es a la que aludimos cuando mencionamos el interés por estudiar el conocimiento socialmente construido en el aula. La perspectiva socio-cultural desarrollada inicialmente por Vygotsky (1987) plantea que los sujetos interpretan la realidad a partir de concepciones que son interiorizadas de su contexto social e histórico-cultural.
- Algunos de los propios autores iniciales del modelo de cambio conceptual (Strike y Posner, 1992, en López y Mota, 2003), planteaban hace más de diez años críticas al mismo, ya que sus consideraciones puramente cognitivas y racionales menosprecian los factores motivacionales y contextuales del aprendizaje.

- Desde un punto de vista personal, estos modelos no han tenido la incidencia esperada porque asumen que tenemos concepciones únicas sobre los fenómenos naturales y que estas cambian cuando se nos demuestra que no permiten explicar un cierto fenómeno físico. Sin embargo, la investigación psicológica y antropológica ha demostrado ampliamente desde los años setenta (Cicourel, 1974; Bruner, 1984; Coll, 1984) que las concepciones y el aprendizaje dependen del contexto social y cultural en el que se manifiestan (Forman, Minick y Stone, 1993). Esto tiene como consecuencia el hecho de que un sujeto pueda tener diferentes representaciones sobre un cierto fenómeno natural y estas no se eliminan porque haya sido probada racionalmente su efectividad en cierto contexto, como es el escolar, ya que las diferentes representaciones tienen espacios de uso diferentes y pueden tener mayor o menor efectividad según el contexto de uso (Hodson, 1999; Pozo y Gómez Crespo, 1998). La investigación nos ha mostrado que tanto los niños/as como los adultos, escolarizados o no, y hasta los propios científicos, siguen usando concepciones no científicas e incluso religiosas o mágicas, alternativas a las de la ciencia, en los contextos cotidianos en los que estas son pertinentes (Hodson, 1999). Pozo y Gómez Crespo (1998) plantean esto como la independencia relativa de las concepciones científicas y las cotidianas, e incluso las culturales, coexistiendo concepciones alternativas en la mayoría de los casos (Hodson, 1999). Esta evidencia es la que permite comprender por qué los miembros de otros grupos étnicos, como los indígenas, no sustituyen las concepciones provenientes de su cosmovisión cultural por las de la ciencia, sino que ambas pueden co-existir y ser utilizadas en diferentes contextos porque han probado su pertinencia a través de siglos de aplicación en la práctica social (Semali y Kincheloe, 1999; Gasché, 1995; Godenzzi, 1996; Helbert, 2001; Hodson, 1999).
- El otro problema de estas propuestas es que no se toma en cuenta que la ciencia es una construcción cultural que ha tomado siglos a la humanidad para ser estructurada coherentemente y que no puede ser reconstruida por los alumnos/as a partir de la evidencia empírica solamente, ya que la interpretación de ésta no es única y ellos no pueden construir el mismo significado que se construye cuando se parte de las teorías y concepciones científicas. La ciencia, como cualquier otra forma de descripción de la realidad, para que sea inteligible por una comunidad requiere que se compartan un conjunto de suposiciones y conocimientos desde donde se interpreta el mundo natural (Phillips, 1985; Gilbert y Mulkay, 1984). Este es un planteamiento que procede de la crítica al empirismo y que conduce a la necesidad de que, para aprender ciencia, es importante comunicar verbalmente algunos de los supuestos básicos, desde donde se construyen las interpretaciones que la ciencia atribuye a la “evidencia empírica” (Lemke, 1990; Sutton, 1992).

- Desde mi punto de vista, algunos de los problemas más importantes por los que estas propuestas tienen dificultades para que se asuman en la práctica educativa del aula, es que no parten de, ni toman en cuenta las características institucionales de la escuela y las condiciones de trabajo en ella, entre las cuales está también la formación de los maestros/as y las prácticas docentes que por tradición han probado su eficacia en ese contexto particular con sus normas, posibilidades y condicionantes.

Tomando en cuenta los puntos de vista mencionados, en este trabajo planteo la importancia de realizar estudios sobre la enseñanza de la ciencia en el aula, desde una perspectiva etnográfica que permita conocer la lógica del otro antes de pretender cambiarla (Rockwell, 1986). La mayoría de los trabajos que analizan la interacción en clases de ciencias (Tobin, 1998) tienden a descalificar las prácticas tradicionales sin que realmente se analice su pertinencia en los procesos de construcción del conocimiento escolar con sujetos y condiciones reales. Desde la ciencia sería inconcebible plantearse la resolución de un problema sin tomar en cuenta las condiciones iniciales en su propia lógica. Los problemas que se pueden ver en el trabajo con un grupo de alumnos reales y con los condicionantes escolares típicos, son muy distintos de los que se pueden asumir desde una perspectiva del “deber ser” de la ciencia. Es necesario, por tanto, que el investigador adquiera la suficiente autonomía para desprenderse temporalmente de los propósitos del cambio y poder entender estos procesos de construcción de conocimiento en toda su complejidad y desde la perspectiva de los participantes, es decir, desde la lógica de los maestros y estudiantes en los diferentes niveles educativos.

En cuanto a los planteamientos de Roth (1996, en López y Mota, 2003) acerca de que las prácticas humanas son inaccesibles a la descripción y de que éstas tienen un problema de irrepetibilidad que en principio nos llevaría nuevamente a la irrelevancia de describirlas, se puede plantear que para los teóricos de la investigación cualitativa y etnográfica (Erickson, 1989) el estudio de casos a profundidad no solo permite la descripción, sino que es una vía de acceso a mecanismos esenciales –de los procesos estudiados– para encontrar los elementos de generalidad que estos tienen. Por otro lado, la experiencia me permite afirmar que estos estudios son una vía idónea para que los docentes se vean reflejados y puedan distinguir aquellos aspectos de su práctica que son más adecuados para propiciar cierto tipo de reflexión y construcción del conocimiento de los alumnos.

En este artículo me propongo analizar, en situaciones naturales de trabajo en grupos de escuelas primarias públicas, en los que no se ha intervenido con ninguna propuesta diferente del currículo oficial, si en la interacción discursiva en clases de ciencias se retoma la experiencia física extraescolar

de los alumnos y de qué manera se resignifica ese conocimiento cotidiano para acercarlo al conocimiento científico escolar. Asumo que la investigación cualitativa sobre la enseñanza no pretende conocer qué conductas del maestro hacen aprender más a los alumnos, porque estas no son acciones causales ni se pueden controlar en una interacción entre sujetos con voluntad, sino investigar qué condiciones de significación se crean colectivamente para facilitar el aprendizaje (Erickson, 1989).

## La “evidencia empírica” para la ciencia

---

El interés creciente por los contextos sociales de la cognición hace que el lenguaje, como el medio que une lo cognitivo con lo social (Cazden, 1990), ocupe un lugar cada vez más importante para la psicología cognitiva y en el estudio de la enseñanza de la ciencia desde perspectivas socio-culturales (Lemke, 1990, 2001; Sutton, 1992).

Desde el enfoque de la sociología del conocimiento científico, la ciencia es una construcción social sujeta a ciertos procesos discursivos específicos que incluyen tanto las versiones sobre ciertos tópicos como la organización del discurso, la manera de hablar, de argumentar, de analizar, de observar, de construir con palabras el resultado de la experiencia, de validar un conocimiento y de establecer una verdad. Así las propias investigaciones son consideradas como piezas de discurso textual y argumentativo. El conocimiento científico es aquel cuyas descripciones de fenómenos naturales, que la comunidad científica establece con un carácter impersonal y que opera como realidad por apoyarse en lo que se establece como “evidencia empírica” –a la que se le atribuye un carácter de objetividad–, es producido con una forma de aparente neutralidad, como independiente de los sujetos y de las condiciones sociales de producción y que, por tanto, se establece como verdad (Gilbert y Mulkay, 1984; Potter, 1996).

La escuela también es un espacio institucional donde, en principio, existen formas particulares de comunicación y donde el discurso también tiene una estructura distinguible (Mehan, 1979; Drew y Heritage, 1992). La escuela tiene reglas definidas de interacción social y en ella se aprende una manera particular de describir el mundo que nos rodea. En este trabajo se entiende como conocimiento científico escolar, aquel que en relación con temas de la ciencia, se va construyendo en la interacción entre docentes y alumnos en el aula y que se legitima por su aparente objetividad, universalidad e independencia de los sujetos y condiciones sociales de producción. Del conocimiento científico al conocimiento científico escolar se pasa por una serie de transformaciones, que Chevallard (1980) ha denominado

como *transposición didáctica* y que tienen relación con la participación discursiva de docentes y alumnos/as en un contexto específico, como es el escolar. Desde la perspectiva etnográfica, el conocimiento científico escolar no puede ser juzgado partiendo de la lógica científica de si es correcto o no, pues lo que se requiere es describirlo desde la lógica de los actores educativos para comprenderlo en toda su complejidad. El conocimiento cotidiano, a diferencia del científico, es el que está relacionado con experiencias personales y se concibe como creencias, ideas o concepciones que dependen del contexto y por tanto no pueden asumirse como universales.

Partiendo de que la manera privilegiada que tenemos de acceder a los procesos de construcción del conocimiento de los sujetos es a través del discurso con el que ellos interactúan socialmente, el trabajo centró su análisis en la interacción discursiva (Candela, 1999) entre maestros y estudiantes vista desde el punto de vista de la psicología discursiva (Edwards y Potter, 1992). La construcción social del conocimiento en el aula a través del discurso es una tarea grupal en la que se negocian significados, se construyen comprensiones compartidas (Edwards y Mercer, 1987) pero también se elaboran, argumentan y contraponen significados alternativos (Candela, 1996). Dentro de los estudios de análisis del discurso entre los que se ubica este trabajo (Edwards y Potter, 1992), se considera que al hablar se realiza una construcción contextual de las concepciones, que pueden producir múltiples versiones según la situación cotidiana en la que se produce.

Dentro de esta línea de investigación, este trabajo específico pretende contribuir al debate sobre la enseñanza de la ciencia, con la idea de que los niños no pueden aprender ciencia solo de la experiencia perceptiva; tienen que aprender también cómo se describe esta experiencia en el discurso científico y en especial en el discurso científico escolar. Los niños tienen que descubrir cuáles son los criterios por los que, en la escuela, se discrimina un tipo de explicación o descripción por otra diferente (Candela, 2003).

En la escuela se pretende enseñar la manera cómo se explican los fenómenos físicos desde el punto de vista de la ciencia, esto es, lo que “realmente sucede” o lo que son los hechos para la ciencia. La propuesta de confrontar al alumno con la “evidencia” a través de la observación y de las actividades experimentales es y ha sido, probablemente, el elemento más significativo de la enseñanza de la ciencia desde diversas perspectivas psicopedagógicas (Candela, 1991). Sin embargo, muchos de los trabajos de seguimiento de las propuestas del trabajo experimental, encuentran que la actividad por sí misma no conduce a un cambio de concepciones ni a propiciar la construcción del conocimiento, a no ser que se trabaje adecuadamente para que –en la interacción discursiva– se construya un significado de “la evidencia”

que permita articular la interpretación que los alumnos pueden dar desde sus concepciones cotidianas frente a las concepciones científicas escolares.

Tanto en la ciencia como en la enseñanza de ciencias, el discurso sobre la “evidencia” considera que es posible verificar “objetivamente” las hipótesis y teorías apoyado en el supuesto de una relación directa entre percepción y realidad. Esta relación entre la “percepción” y la “realidad” es uno de los puntos que interesa analizar desde la perspectiva de la psicología discursiva (Edwards y Potter, 1992; Potter, 1996). Así encontramos que el tema de la factualidad y de las descripciones factuales (Potter, 1996) es central para la enseñanza de la ciencia, pues en torno a la legitimidad y “veracidad” de una cierta versión como criterio para distinguirla de otras versiones, giran muchos de los discursos entre los maestros y los alumnos en las clases de ciencias.

Entre las diversas fuentes de conocimiento de la ciencia (Elkana, 1983), “la evidencia” –o lo que es descrito por los participantes como lo que “se ve” u “observa en la realidad”– juega un papel predominante. Esto se define en el proceso social de la interacción discursiva como lo que para los participantes se deriva de la percepción y de la experiencia física (“lo que se ve/percibe”) y es en ese proceso donde la “evidencia o experiencia empírica” se hace o no relevante para la construcción de los hechos. También las experiencias “empíricas” extraescolares son reconstruidas discursivamente en el aula, por lo que interesa ver de qué manera son reconstruidas y articuladas con el conocimiento que se legitima en el aula como impersonal, generalizable y, en síntesis, como científico.

En el logro de una buena articulación entre la “evidencia” experimental y una interpretación que se valida como científica en el aula, se encuentra uno de los núcleos fundamentales de las orientaciones que pretenden contribuir a que los alumnos aprendan ciencia de manera constructiva y a partir del trabajo de laboratorio. Asumo que la experiencia extraescolar de los estudiantes basada en “evidencias empíricas”, es una de las referencias a sus concepciones cotidianas que es necesario movilizar para construir el conocimiento que en la escuela se establece como científico. Así, me propongo estudiar la forma en la que se retoma en el aula la experiencia extraescolar de los alumnos basada en su relación con fenómenos naturales.

Por otro lado, la “evidencia empírica” no es objetiva ya que los sujetos interpretan la realidad a partir de las concepciones que tienen. En diversos estudios sobre la interacción discursiva en el aula (Candela, 1999) se encuentra que “lo que se ve” para los docentes, frecuentemente no “se ve” para los

alumnos ya que ellos interpretan la realidad de una manera diferente. Sin embargo, también se observa que en clases de ciencias es permanente la alusión a la “evidencia empírica” como mecanismo de legitimación de la validez de una versión.

En este artículo se analizan las características del discurso en varios extractos de clases de ciencias de 5° grado, que se imparten aproximadamente a mediados del curso escolar. Los maestros tienen experiencia docente de alrededor de diez años de servicio y una formación inicial en la Escuela Normal de México. No han recibido ninguna capacitación adicional, aunque sí conocen algunas ideas consideradas innovadoras, como aquella que dice que es importante permitir que los alumnos participen en las clases y que es necesario tomar en cuenta las ideas que ellos tienen sobre los fenómenos que se estudian para generar una apropiación constructiva del conocimiento. La observación no participativa de estas clases se realizó con la autorización voluntaria de los maestros que ya conocían a la investigadora por haber realizado trabajo etnográfico en dicha escuela durante largos períodos desde 1985. Esta escuela, en la que se realizaron registros etnográficos y se video grabaron más de dieciséis horas de clases como referente empírico para este trabajo, es una primaria pública de una zona marginal de la Ciudad de México a la que asisten alumnos que provienen de familias de nivel socioeconómico bajo, insertas en el sector informal de la economía y emigradas de zonas rurales en períodos recientes de entre quince y veinte años.

Los fragmentos de registro que se analizan en este trabajo son tomados de las transcripciones de estas clases, después de observar repetidamente los videos y de seleccionar algunas unidades de análisis de acuerdo con criterios generales que orientan el trabajo, pero sin tener categorías previas. Algunos de estos criterios son la ubicación de momentos en los que la interacción discursiva tiene mayor riqueza y por tanto se pueden analizar mejor las diversas contribuciones a la construcción del conocimiento en el aula. En una relación de ida y vuelta entre la teoría y los datos empíricos de las transcripciones, se van elaborando las categorías analíticas (Rockwell, 1982), que en este caso son las que nos permiten analizar cómo constituyen maestros y alumnos la “evidencia empírica” extraescolar como fuente de conocimiento para establecer el conocimiento científico escolar en el aula. Este tema también es importante porque frecuentemente se descalifica el trabajo escolar con el argumento de que el conocimiento científico escolar está descontextualizado y no se establecen puentes con el conocimiento para la vida. Interesa ver si esto es así.

A continuación se analiza un ejemplo de cómo es mencionada y trabajada discursivamente la experiencia “empírica” extraescolar de los alumnos en una clase de ciencias. La secuencia que se observa a continuación es parte de una primera clase sobre el tema de “La gravedad” que, siguiendo el libro de texto, se imparte en el grupo de 5° grado. Como este es un tema que se trabajó a mediados del año escolar, la relación entre los alumnos/as y la maestra ya está bien establecida y ellos se han apropiado de las normas de participación social que la docente establece, y que en este caso propician que ellos/as aporten sus puntos de vista sobre el conocimiento que se trabaja. Se utiliza notación especializada desarrollada para el enfoque etnometodológico de análisis del discurso que se sostiene en este trabajo (Edwards y Potter, 1992). Después de intercambiar información –con una importante participación de los alumnos/as en la interacción discursiva– sobre algunos de los efectos de la fuerza de gravedad, como es la atracción gravitacional de todos los objetos hacia el centro de la Tierra (que es lo que se conoce como el peso) y de intercambiar conocimientos sobre el movimiento de los planetas (que ya ha sido trabajado en años anteriores por este grupo), la maestra les plantea una pregunta que va a orientar toda la siguiente interacción discursiva.

### Extracto 1: “Los globos”<sup>2</sup>

- 48
- 1 Ma: bue::no (.) ^ustedes me han manejado que hay una  
2 fuerza:: (.) /de gravedad (.2) vamos ver que esa  
3 fuerza de gravedad (.) eh:::: (.3) se va a basar  
4 e::n en va:ria:s (.) >co:sa:s< (.2) ^primeramente  
5 (.5) tendríamos que ver (.6) mmm:::: (.) /el peso  
6 (.4) pero no hablamos del peso peso eh::  
7 As: je:: je::  
8 Ma: ^QUE: sucede con:: (.) los globos que venden en la  
9 calle (.) esos que tienen gas (.) [cuándo nosotros

---

2 Para las conversiones utilizadas en esta transcripción, remitirse al título *Notas*, en la página 57, “Notación especializada utilizada en las transcripciones”.

- 10 los soltamos?
- 11\*\* Aa: [vuelan
- 12\*\* Ao: vuelan
- 13\*\* Ao: flotan
- 14\*\* As: FLOTAN
- 15 Ma: flo::tan (.) o:: o se elevan verda:d? (.) ^y qué
- 16 sucede digamos (.2) con:: un:: globo que no tiene
- 17 gas? (.) yo tengo dos globos (.) [los suelto (.)
- 18 Ao: [se cae
- 19 Ma: a ver (.) tengo dos globos (.) >uno con ga:s y
- 20 otro sin /gas (.) ^suelto uno y suelto el otro al
- 21\*\* mismo [tiempo<
- 22=>\*\* As: [UNO [SE CAE:: Y OTRO FLOTA
- 23\*\* Ao: [SE CAEN JUNTOS
- 25 Ma: POR QUÉ::? se va a caer uno y el [otro °flo::ta?°
- 26 =>\*\* Ao: [porque el aire
- 27 \*\* ((muchos tratan de contestar al mismo tiempo y gritan,
- 28\*\* no se distingue lo que dicen))
- 29 Ma: A VER (.) >en o::rden< (.2) por qué?
- 30 => Ao: porque: como tiene aire adentro (.) el mismo globo
- 31 se sube
- 32 Ma: pero el otro también tiene aire sino con qué:: lo
- 33 inflé
- 34 As: ja:: ja::

- 35 Ma: no::? (.2) por qué::? a ver Ivan=  
 36 => Aoi: =porque uno tiene gas y otro tiene aire?  
 37 Ma: y qué:: sucede que uno tenga gas y otro tenga aire  
 38 => Aoi: que uno pesa y otro no  
 39 Ma: >EN QUE UNO va a pesar más y el otro va a pesar  
 40 menos (.) entonces el que pesa más es atraído más  
 41 pronto por esta fuerza (.) y el que pesa menos se  
 42 va a atraer después (.) SI O NO?  
 43 As: si:::

La maestra inicia la intervención dando a los alumnos el lugar de conocedores, de poseedores de conocimiento y no solo de receptores del mismo (**ustedes me han manejado que hay una fuerza de gravedad**). Este movimiento discursivo de la maestra también puede verse como un ejemplo de la preocupación de los docentes por desplegar el conocimiento como si surgiera de los alumnos (Edwards y Mercer, 1987).

Posteriormente, ella plantea un problema hipotético (**QUÉ: sucede con: (.) los globos que venden en la calle (.) esos que tienen gas (.) [Cuando nosotros los soltamos?]**), para ver cómo se relaciona la fuerza de gravedad con el peso relativo en un caso concreto relacionado con la experiencia extraescolar de los alumnos. Al introducir este problema, no incluido en el libro de texto, la maestra lo desplaza como única fuente de conocimiento y le da autoridad al conocimiento cotidiano extraescolar de los niños.

Las respuestas de los alumnos entre las líneas 11 y 14, planteando primero que los globos vuelan y luego que flotan –cambian el término ante la falta de aceptación de la maestra–, así como la cantidad de niños que tratan de intervenir, sobreponiéndose incluso con la pregunta de la maestra y respondiendo antes de que ésta termine de hablar, despliega su confianza en el manejo de lo que se está hablando y muestra que el ejemplo es cercano a su experiencia y propicia una fuerte motivación e interés por participar. Cuando la maestra pregunta qué ocurre con otro globo que no tiene gas, vuelve a aparecer la situación previa donde son muchos los niños que tratan de responder simultáneamente y lo hacen casi gritando (**UNO [SE CAE:: Y OTRO FLOTA; [SE CAEN JUNTOS]**). Posiblemente el reconocimiento de

la maestra del saber de los alumnos contribuye a propiciar esta situación de gran participación observada a lo largo del extracto, tanto en interacción con la maestra como entre pares, y que se indican en la transcripción con la notación de ruido de fondo no comprensible (\*\*).

La maestra retoma la respuesta de que uno se cae y otro flota y pregunta “**¿POR QUÉ::?**”, con lo que demanda una argumentación que justifique lo que se afirma. La solicitud de argumentaciones que justifiquen las afirmaciones es una práctica común entre los docentes de educación básica (Candela, 1996), ya que promueve la reflexión sobre lo que se dice pero además orienta a los niños hacia las causas de los fenómenos como una actitud importante en la enseñanza de la ciencia (Giordan, 1982).

Muchos alumnos vuelven a responder, sobreponiendo sus respuestas entre ellos y con la pregunta de la maestra, y entonces un alumno produce una justificación (**porque: como tiene aire adentro (.) el mismo globo se sube**). En vez de aceptar la respuesta, la maestra contesta con otro argumento que interactivamente tiene la función de rechazo (**pero el otro también tiene aire sino con qué:: lo inflé**). Así la maestra demanda mayor precisión en la observación y marca la debilidad del argumento aportado.

La maestra vuelve a pedir, ahora dirigiendo su pregunta a un niño en particular (Iván), que explique por qué un globo cae y otro flota. Iván contesta de inmediato marcando la diferencia entre el contenido de los dos globos (**¿=porque uno tiene gas y otro tiene aire?**). Así, Iván avanza en producir una explicación que muestra las diferencias en el contenido de los dos globos. La maestra repite la respuesta del niño como aceptándola, pero exige que se expresen las consecuencias que tiene este hecho, demandando que se argumente qué relación hay entre la diferencia de contenido y el fenómeno de que un globo flote y el otro caiga. Como respuesta el mismo niño –Iván– vincula el contenido con la causa de la flotación al plantear “**que uno pesa y otro no**”.

La maestra toma la respuesta de Iván, aceptándola, y hace una reformulación (**QUE UNO va a pesar más y el otro va a pesar menos**). La maestra cambia una formulación absoluta (pesa o no pesa) por una comparativa (pesan más o menos). Con esta formulación reconstructiva (Edwards y Mercer, 1987) ella se pone en mejor posición para relacionar la noción de peso relativo con la de atracción gravitacional, que es el tópico central con el que están trabajando. Este tipo de formulaciones o recapitulaciones se pueden ver como la mediación oral de los maestros entre el texto escrito y el habla de los niños (Edwards y Mercer, 1987; Rockwell, 1991). Las formulaciones cambian lo que los niños dicen, acercándolos a lo que la maestra/libro de

texto/currículo especifica discursivamente como conocimiento científico escolar.

Un aspecto que también indica la reconstrucción del conocimiento cotidiano para ir estableciendo el conocimiento científico escolar, es que al inicio de la actividad la maestra interviene personalizando algunas acciones como: **“vamos a ver”** y **“tendríamos que ver”**, lo que se refiere a la percepción que entre todos van a tener y además está personalizada. Sin embargo, en el resto de la secuencia la forma gramatical que ella utiliza es impersonal, centrada en una descripción que trata de responder a la pregunta **“qué sucede...”**. Esta forma impersonal sugiere que en la interacción se está construyendo un conocimiento que discursivamente no depende de creencias individuales. Lo que les ocurre a los globos se establece como un hecho, no como lo que se cree o se percibe individualmente.

Este extracto muestra la actividad de guía que la maestra realiza para orientar a los alumnos hacia la construcción colectiva y reflexiva del conocimiento, propiciando también actitudes científicas como la de preguntarse por las causas de los fenómenos y la de buscar explicaciones confrontando argumentos. La maestra va guiando a través de preguntas a los niños para que éstos vinculen la descripción de los hechos (**un globo sube y otro no**) con el conocimiento científico escolar (**QUE UNO va a pesar más y el otro va a pesar menos (.) entonces el que pesa más es atraído más pronto por esta fuerza (.) y el que pesa menos se va a atraer después:s**). Esta afirmación es incorrecta desde el punto de vista de la ciencia, ya que uno de los globos es atraído con más fuerza (pesa más) que el otro, pero eso no cambia con el tiempo, como lo afirma la maestra. En la perspectiva que se sostiene en este trabajo, el conocimiento científico escolar es el que se construye en la interacción y que acerca la formulación descriptiva de los alumnos por una causal y explicativa cercana a la de la ciencia. En este caso, ella termina vinculando el ejemplo de la experiencia extraescolar de los alumnos/as con un conocimiento científico escolar como lo son la fuerza de gravedad y los pesos relativos (pesa más o pesa menos), para plantear así una explicación del fenómeno de mayor o menor flotación de los globos en el aire.

La “evidencia empírica” extraescolar planteada por los alumnos

Pero en el salón de clases no solo los maestros retoman la experiencia física extraescolar de los alumnos. También los niños hacen uso de ella para fundamentar sus puntos de vista y plantear argumentos que los refuercen. El siguiente extracto es un fragmento de otra clase de 5° grado en la que

se está analizando el concepto de densidad, comparando diez materiales diferentes que se tienen que organizar en orden decreciente de densidad. Esta actividad se realiza después de que se pesa en una balanza el mismo volumen de distintos materiales para irse apropiando del concepto de densidad. Este tema también es abordado a mediados del año escolar en una dinámica en la que el docente permanentemente propicia la reflexión de los alumnos/as, pide su opinión sobre los contenidos y casi nunca impone una versión sobre el conocimiento ni establece afirmaciones como verdades absolutas. Acude a lo que el libro plantea, a recursos como la argumentación, la opinión mayoritaria y el consenso, aunque también plantea las limitaciones que ellos tienen para comprender algunos contenidos por no tener el equipo ni los conocimientos especializados con los que contaría un científico (Candela, 2002). Estas actitudes generan un contexto argumentativo que propicia la participación de los niños/as en la dinámica discursiva del aula. En este caso, el maestro discute con los alumnos/as cuál de los dos materiales, la madera o el hierro, es más denso. En la discusión se pasa de la referencia a la densidad a la referencia al peso.

#### Extracto 2: "A ver, cárguese un árbol"

---

(Un niño levanta insistentemente la mano pidiendo la palabra)

46 Mo: SI HIJO (.) DIME

47 Ao: que <a veces> (0.2) la madera es más pesada

48 que'l::: hierro

49 Mo: ¿seguro?

50 As: sí:::

51=> Ao: sí porque (.) a ver, cárguese un árbol a ver si no

52\*\* está pesado

53 \*\* ((hay muchos comentarios de unos niños con otros. El

54 \*\* maestro se sonríe))

55 \* Mo: bueno (0.2) pongamos el fierro (.) por mayoría de

56 opiniones, luego vamos a hacer una lista=

- 57 => Ao: =¿cómo vamos a saber si ya está: bien?
- 58 Mo: A ver (0.2) tú Rubén, tú pasas (.) a poner la
- 59 segunda?
- 60 As: yo, yo, yo maestro

En este fragmento un alumno afirma **que <a veces> (0.2) la madera es más pesada que'l::: hierro**. Sin embargo, en un movimiento que frecuentemente provoca cambio en las respuestas de los niños por no tratarse de una aceptación explícita (Pomerantz, 1984), el maestro cuestiona la sugerencia del niño (“¿seguro?”). Pero en vez de que el niño rectifique su posición, lo que el maestro obtiene es un rechazo colectivo contra él y un apoyo a la versión del alumno (línea 50) por parte de los demás. Después de este apoyo colectivo el niño vuelve a intervenir y aporta un argumento a favor de que la madera es más pesada que el hierro (**sí porque (.) a ver, cárguese un árbol a ver si no está pesado**), aunque nadie se lo pide directamente. El argumento que ofrece se basa en una construcción imaginaria de su experiencia empírica cotidiana extraescolar. En este caso “**a ver**” es mencionado, incluso dos veces, como una especie de referencia discursivamente construida a lo que sería una prueba empírica.

En los siguientes turnos, en las líneas 55 y 56, el maestro ignora el argumento empírico y mantiene al fierro como primera opción al segundo lugar (**bueno (.2) pongamos el fierro (.) por mayoría de opiniones, luego vamos a hacer una lista=**). Con la expresión de “**bueno**” el maestro parece tratar de cerrar el debate anterior para pasar a ordenar lo que debe hacerse a continuación “**pongamos**”. Sin embargo, y a pesar de la forma impositiva, resulta interesante observar que para hacerlo él justifica su opción y lo hace apoyando la versión del fierro “**por mayoría de opiniones**”. Aquí parece que el maestro contrapone el recurso “de la mayoría” al de la “evidencia empírica” construido por el alumno, para legitimar una versión. Pero al justificar su versión con el argumento de la mayoría de opiniones, parece que no la puede imponer sobre las de los alumnos sin apoyarla en las versiones de otros. La autoridad docente no parece desplegarse discursivamente como fuente de conocimiento suficiente en sí misma para que, dentro de un debate, se legitime una versión particular como “verdadera”, como un conocimiento científico.

Sin embargo, en cuanto termina de hablar, otro niño interviene cuestionando directamente la credibilidad del argumento docente. Al preguntar que “=**¿cómo vamos a saber si ya está: bien?**”, el niño pone en duda tanto el criterio de “**mayoría de opiniones**” como el de la autoridad docente

como recursos para legitimar una versión como conocimiento científico, pues pide un argumento que convenza de que esa versión “esté bien”. En este fragmento encontramos evidencia de que para los alumnos la palabra del maestro no siempre es considerada como una fuente de conocimiento legítima y que su experiencia extraescolar parece mantener la legitimidad suficiente en el aula para contraponerla a la versión del maestro. Su experiencia extraescolar compite con la versión hacia la que el maestro trata de orientar o con la opinión que el docente maneja como mayoritaria, poniendo el de mayoría como un criterio de verdad.

En este extracto volvemos a encontrar la presencia de la experiencia extraescolar de los alumnos como un conocimiento que entra en el proceso social de interacción discursiva del aula y que contribuye a la construcción de argumentaciones y de las versiones que se legitiman en la escuela.

## Consideraciones finales

---

Si bien en el primer caso analizado no se realiza una actividad experimental físicamente, esa primera secuencia refleja una práctica muy común en nuestras escuelas, que es la de improvisar interacciones, retomando la experiencia de los alumnos en su contexto extraescolar para ejemplificar los contenidos que se plantean en el currículo oficial. Con estas acciones los docentes establecen un puente que media entre el contenido del texto y el conocimiento de los niños, propician la vinculación entre la experiencia extraescolar de los alumnos en su entorno natural y las concepciones científicas, acercándolos también al lenguaje con el que la ciencia describe los fenómenos. Podríamos decir que se trata de un laboratorio virtual en el que se trabaja con la evidencia física pero diferida a través de la memoria.

En el análisis del primer fragmento, se muestra que la “evidencia empírica” se puede interpretar de múltiples maneras (Candela, 2002), ya que las primeras expresiones de los alumnos se limitan a describir lo que ocurre con los globos y es solo a través de la interacción con la maestra que se va construyendo una interpretación que se orienta hacia las causas del fenómeno. Así se va construyendo un significado más cercano al de la ciencia. Es importante notar que la maestra no se limita simplemente a comunicar la interpretación que se hace de un fenómeno físico con el lenguaje de la ciencia. Lo que este análisis detallado nos muestra es que el proceso que sigue la maestra parte de una teoría científica (la gravedad), recupera la experiencia cotidiana de los alumnos y los va conduciendo a través de preguntas para que sigan un razonamiento, distingan las diferencias entre los globos, argumenten sobre las causas y se acerquen a la explicación científica.

ca escolar, esto es, que lo que les ocurre a los globos se debe a la atracción gravitacional y a la diferencia de sus pesos relativos.

Asimismo, el proceso va generando actitudes científicas en los alumnos que tienen que ver con los procedimientos de construcción de la ciencia, como razonar sobre las “evidencias”, buscar las causas de los fenómenos, poner a prueba “empírica” lo que se piensa y argumentar sobre sus puntos de vista. Algunas de estas actitudes se ponen en práctica por los niños en el segundo ejemplo, de manera espontánea. En este caso los alumnos también utilizan discursivamente su conocimiento empírico extraescolar –lo que se siente como peso– como recurso legítimo para cuestionar puntos de vista del maestro, aun cuando este se apoye en el consenso o la opinión de la mayoría.

Los docentes que podríamos denominar como “tradicionales” construyen su autoridad como fuente de conocimiento legítima en el aula al corregir al libro, orientar las respuestas de los alumnos y al ser los que establecen el conocimiento que se legitima como científico en el aula, en un proceso de mediación entre las versiones de los alumnos y las del texto. Pero también retoman el conocimiento de los estudiantes como fuente de conocimiento legítima, como se ve en la acción de querer incorporar sus experiencias extraescolares y de buscar que todos opinen sobre ella.

Esta práctica contextualiza el contenido abstracto del texto y parece motivar a los niños al legitimar su conocimiento, lo cual propicia su participación en la construcción social del conocimiento escolar. Esta práctica también permite que, como se ve en el segundo extracto, los alumnos se remitan a su conocimiento extraescolar como fuente de significaciones para interpretar, aceptar o rechazar las construcciones que se hacen en el aula. En los análisis se puede ver que la información obtenida de una experiencia empírica por sí misma no conduce a un cambio de concepciones ni a propiciar la construcción del conocimiento científico si no se trabaja adecuadamente para que, en la interacción discursiva, se construya un significado de “la evidencia” que permita articular la interpretación que los alumnos pueden dar desde sus concepciones cotidianas con las concepciones científicas en lo que Bruner llamaría establecer un andamiaje para guiar la construcción del conocimiento.

En clases de ciencias es importante que se desarrolle este proceso cuidadoso de vinculación entre el conocimiento cotidiano, en este caso extraescolar, y el científico escolar para que los alumnos/as participen en su construcción. Esta forma de intervención, mediando entre el conocimiento

de los alumnos y el de la ciencia, permite plantear el papel insustituible que tienen los docentes en la construcción del conocimiento científico escolar.

El análisis detallado de la manera como esto se realiza en muchas aulas de nuestras escuelas primarias públicas contribuye a cuestionar las versiones que descalifican el trabajo docente y sirve como ejemplo para mejorar el trabajo de otros docentes.

## Notas

---

1. Parte de este trabajo ha sido retomado de mi artículo “Del conocimiento extraescolar al conocimiento científico escolar: Un estudio etnográfico en aulas de la escuela primaria”, publicado en 2006 en la *Revista Mexicana de Investigación Educativa*. XI (30), p. 797-820.

2. Notación especializada utilizada en las transcripciones (Edwards y Potter, 1992)

Ma: Maestra

Mo: Maestro

Aa: Alumna

Ao: Alumno

As: Varios alumnos simultáneamente

^ Indica elevación de la entonación

/ Indica caída de la entonación

=> Indica frase significativa para el análisis.

◦ ◦ Indica un pasaje de habla más bajo en intensidad que el habla adyacente

MAYUS Indica un pasaje de habla con mayor intensidad que el habla adyacente

\* Indica ruido de fondo no distinguible de los niños hablando entre ellos.

\*\* Indica ruido de fondo de mayor intensidad.

- > < Indica un pasaje de habla más rápido que el circundante.
- < > Indica un pasaje de habla más lento.
- [ indica habla sobrepuesta.
- ::: Indica elongación del énfasis en una letra.
- subr Indica énfasis especial dentro de la frase.
- ((it)) Comentarios del transcriptor, generalmente observaciones sobre el contexto de habla.
- (3) Pausa medida en segundos, tres segundos, en este caso.
- (.) Pausa perceptible pero muy corta para medirse en décimas de segundo.
- = Habla ligada a la anterior sin el lapso de tiempo habitual en las conversaciones.

## Referencias bibliográficas

---

- Bronwen, C. (2005). Student commentary on classroom assessment in science: a sociocultural interpretation. En: *International Journal of Science Education*, (27) 2, 199-214.
- Bryan, A. B.; Reveles, J. M. y Kelly, G. J. (2005). Scientific literacy and discursive identity: A theoretical framework for understanding Science learning. En: *Science Education* (89), 5, 779-802.
- Bruner, J. (1984). *Acción, pensamiento y lenguaje*. Madrid: Alianza Psicología.
- \_\_\_\_\_ (1988). *Realidad mental y mundos posibles: Los actos de la imaginación que dan sentido a la experiencia*. Barcelona: Gedisa. Traducido al español: *Actual mind possible worlds*. Cambridge: Harvard University Press (1986).
- Candela, A. (1991). Investigación y desarrollo en la enseñanza de las Ciencias Naturales. En: *Revista Mexicana de Física*, 37 (3), 512-530.
- \_\_\_\_\_ (1996). La construcción discursiva de contextos argumentativos en la enseñanza de ciencias. En: Coll y Edwards (Eds.). *Enseñanza, aprendizaje y discurso en el aula: Aproximaciones al estudio del discurso educacional*, pp. 99-116. Madrid: Fundación Infancia y Aprendizaje.

- \_\_\_\_\_ (1997). *La necesidad de entender, explicar y argumentar: los alumnos/as de primaria en la actividad experimental*. México: SEP - Departamento de Investigaciones Educativas. CINVESTAV.
- \_\_\_\_\_ (1997). Demonstrations and problem-solving exercises in school science: Their transformation within the Mexican elementary school classroom. En: *Science Education*, (81), 497-513.
- \_\_\_\_\_ (1999). *Ciencia en el aula: Los alumnos entre la argumentación y el consenso*. México, Buenos Aires, Barcelona: Paidós.
- \_\_\_\_\_ (2002). Evidencia y hechos: La construcción social del discurso de la ciencia en el aula. En: M. Benllock (Comp.). *La educación en ciencias: Ideas para mejorar su práctica* (pp. 187-215). Barcelona, Buenos Aires, México: Paidós.
- Candela, A.; Rockwell, E. y Coll, C. (2004). What in the world happens in classrooms? En: *Qualitative Classroom Research European Educational Research Journal*, (3), 3, 692-713.
- Cazden, C. (1990). El discurso en el aula. En: M. Wittrock. *La Investigación de la Enseñanza III*, (pp. 627-709). España: Paidós/MEC.
- Chevallard, I. (1980). La transposition didactique: Fiches, documents et bibliographie. En: *Premier Ecole d'Été, Didactique des Mathématiques de l'IREM d'Aix-Marseille*. Faculty, des sciences de Luminy.
- Cicourel, A. (1974). Some basic theoretical issues in the assessment of the child's performance in testing and classroom settings. En: *Language use and school performance* (pp. 300-351). USA: Academic Press.
- Coll, C. (1984). Estructura grupal, interacción entre alumnos/as y aprendizaje escolar. En: *Infancia y Aprendizaje* (27-28), 119-138.
- Edwards, D. y Mercer, N. (1987). *Common Knowledge: The development of understanding in the classroom*. London: Routledge.
- Edwards, D. y Potter, J. (1992). *Discursive Psychology*. London: Sage.
- Elkana, Y. (1983). La ciencia como sistema cultural: Una aproximación antropológica. En: *Boletín de la Sociedad Colombiana de Epistemología*, Vol. III, 65-80.
- Erickson, F. (1989) Métodos cualitativos de investigación sobre enseñanza. En: Wilkinson (Ed.). *La investigación de la enseñanza II* (pp. 195-301). Barcelona: Paidós.
- Fensham, P. (2004). *Defining an identity: The evolution of science education as a field of research*. Dordrecht. Netherlands: Kluwer Academic Publishers.

Forman, E.; Minick, N. y Stone, A. (Eds.), (1993). *Contexts for Learning*. New York, Oxford: Oxford University Press.

Gashé, J. (1995). *Educación intercultural vista desde la Amazonia peruana*. México: Congreso Nacional de Investigación Educativa.

Gilbert, N. y Mulkay, M. (1984). *Opening Pandora's box: A sociological analysis of Scientists Discourse*. Cambridge: Cambridge University Press.

Giordan, A. (1982). *La enseñanza de las ciencias*. Madrid: Siglo XXI.

Godenzzi, J. (1996). Construyendo la convivencia y el entendimiento: educación e interculturalidad en América Latina. En: J. Godenzzi (Comp.). *Educación e Interculturalidad en los Andes y la Amazonia* (pp. 1-20). Perú: Centro de Estudios Regionales y Andinos "Bartolomé de las Casas".

Haigh, M. (2005). Is doing science in New Zealand classrooms an expression of scientific inquiry? En: *International Journal of Science Education*, 27 (2), 215-226.

Helberg, H. (2001). *La nueva ciencia: fundamentación intercultural del conocimiento*. Perú: Programa FORTE-PE.

Hodson, D. (1999). Critical multiculturalism in science and technology education. En: M. Stephen (Ed.). *Critical multiculturalism: Rethinking multicultural and antiracist education*. London; N.Y.: Routledge Falmer.

Kress, G.; Jewitt, C.; Ogborn, J. y Charlamps, T. (2001). *Multimodal teaching and learning: the rhetoric's of the Science classroom*. London: Continuum.

Latour, B. (1986). *Science in Action*. Cambridge: Harvard University Press.

Lemke, J. (1990). *Talking Science: Language, learning and values*. Norwood, New Jersey: Ablex Publishing Corporation.

\_\_\_\_\_ (2001). Articulating Communities: Sociocultural Perspectives on Science Education. En: *Journal of Research on Science Teaching*, 38 (3), 296-316.

López y Mota, A. (Coords.), (2003). El currículo como proceso. En: *Saberes científicos: procesos de enseñanza y aprendizaje. educación en Ciencias Naturales del Consejo Nacional de Investigación Educativa*. México: Grupo Ideograma Editorial.

Lynch, M. (1985). *Arts and artifacts in laboratory science. a study work and shop talk in research laboratory*. London: Routledge Kegan Paul.

- Morge, L. (2005). Teacher-pupil interaction: A study of hidden beliefs in conclusion phases. En: *International Journal of Science Education*, 27(8), 935-956.
- Mortimer, E. y Scott, P. (2003). *Meaning making in secondary science classrooms*. Meindenhead-Philadelphia: Open University Press.
- Mulkay, M. (1985). *The Word and the World: Explanations in the form of sociological analysis*. London: Allen.
- Ogborn, J.; Kress, G.; Martins, I. y Mc.Gillicuddy, K. (1996). *Explaining science in the classroom*. Buckinham: The Open University Press
- Oliva, J. M. (2005). Sobre el estado actual de la revista *Enseñanza de las Ciencias* y algunas propuestas de futuro. En *Enseñanza de las Ciencias*, 23 (1), 123-132.
- Phillips, D. C. (1985). On what scientist know and how they know it. En: Eisner (Ed.). *Learning and teaching the way of knowing* (pp. 37-60). 84 Yearbook of the National Society of the Study of Education..
- Pomerantz, A. (1984). Agreeing and disagreeing with assessments: some features of prerred/dispreferred turn shapes. En: J. M. Atkinson y J. Herritage. *Structures of Social Action*. Cambridge, New York, Melbourn: Cambridge University Press.
- Posner, G. J.; Strike, K. A.; Hewson, P. W. y Gertzog, W. A. (1982). Accommodation of a Scientific Conception: Towards a theory of conceptual change. En: *Science Education*, 66 (2), 211-227.
- Potter, J. (1996). *Representing reality: Discourse, rhetoric and social construction*. London: Sage.
- Pozo, J. I. y Gómez, M. A. (1998). *Aprender y enseñar ciencia*. Madrid: Ediciones Morata.
- Rockwell, E. (1982). *Etnografía y teoría en la investigación educativa*. México: Documentos DIE, Departamento de Investigaciones Educativas, Cinvestav.
- \_\_\_\_\_ (1986). La relevancia de la etnografía para la transformación de la escuela. En: *Tercer Seminario Nacional de Investigación Educativa*. Bogotá: Instituto Colombiano para el Fomento de la Educación Superior.
- \_\_\_\_\_ (1991). Palabra escrita, interpretación oral: Los libros de texto en la clase. En: *Infancia y Aprendizaje* (55), 29-44.
- Roth, W. M. (1996). Art and artifact of children's designing: A situated cognition perspective. En: *The Journal of Learning Sciences* (5), 129-166.
- Semali, L. M. y Kincheloe, J. L. (Eds.), (1999). *What is Indigenous Knowledge? Voices from the Academy*. New York; London: Falmer Press.

Strike, K. A y Posner, G. J. (1992). A revisionist theory of conceptual change. En: R. A. Duschl y R. J. Hamilton (Eds.). *Philosophy of Science, Cognitive Psychology and Educational Theory and Practice* (pp. 147-176). Albany, N.Y.: State University of New York Press.

Sutton, C. (1992). *Words, Science and Learning*. Buckingham, Philadelphia: Oxford University Press.

Tobin, K. (1998). Issues and trends in the teaching of science. En: B. Fraser y K. Tobin (Eds.). *International handbook of Science Education* (pp. 129-151). Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.

Vygotsky, L. (1984). Aprendizaje y desarrollo intelectual en edad escolar. En: *Infancia y Aprendizaje* (27-28).

\_\_\_\_\_ (1987). *The Collective Works Vol. I*. New York: Plenum.

Woolgar, S. (1988). *Science: The very idea*. Sussex Horwood Limited London: Tavistock Publications.

# Contribuciones metodológicas para el estudio de las relaciones entre el contexto cultural e ideas sobre la naturaleza de niños y niñas

*Adela Molina Andrade<sup>1</sup>*

## Introducción

---

El propósito de este texto es presentar los diversos aspectos relacionados con el proceso metodológico de la investigación: “El pasado y el presente en las ideas de los niños y niñas sobre la naturaleza y el nivel de importancia de lo vivo en dichas explicaciones”<sup>2</sup>. Esta investigación se propuso realizar una interpretación intercultural, mediante un análisis comparativo de las narraciones recolectadas en cuatro comunidades escolares (escuela citadina, inmigrante campesina, campesinas de influencia U´wa y U´wa), para establecer qué criterios culturales son compartidos o no entre dichas comunidades.

La metodología de esta investigación puede incluirse dentro del enfoque cualitativo, y su intención fue aproximarse, dicho a la manera de Geertz (1983), al universo imaginativo del otro, lo cual ratifica su interés por lo interpretativo. Acorde con lo anterior, en los métodos y técnicas utilizadas, se trabajó con categorías abiertas para explorar la vida cotidiana de los niños y niñas de las comunidades de estudio. También se realizaron análisis documentales, con un enfoque interpretativo, histórico y lingüístico, para lo cual se adaptaron presupuestos pragmáticos a sus procedimientos.

El texto está organizado en cuatro secciones. La primera se refiere a las implicaciones metodológicas de la perspectiva ontológica, que supone el enfoque cultural adoptado y que es desarrollada a partir de tres ideas: realismo simbólico, localismo y ontología histórica. La segunda desarrolla los conceptos que orientan el proceso metodológico, a saber: (a) comprensión de las narrativas en el contexto de la investigación y su conceptualización a partir de diferentes consideraciones, y la determinación de su importancia tanto conceptual, como pragmática y procedimental; (b) tomando como referencia el concepto de contenido semántico se realiza el proceso de interpretación de las narrativas, orientando la búsqueda de categorías para la constitución de los datos, a partir de las informaciones contenidas en las

---

1 Universidad Distrital Francisco José de Caldas

2 Esta investigación fue financiada por el Centro de Investigaciones y Desarrollo Científico de la Universidad Distrital (CIDC), y participaron como co-investigadoras Lyda Mojica, Diana López y Olga Palacios, y fue dirigida por Adela Molina.

cartas; y (c) la interpretación histórica mediante la categoría de “conglomerados de relevancias”, inicialmente, estableciendo las jerarquías de criterios en las narrativas, y luego configurando un contexto histórico para una comprensión más profunda. La tercera parte se enfoca en la configuración de orientaciones concretas para apropiar los conceptos presentados en la segunda sección y formular procesos y criterios en busca de coherencia, consistencia y validez del análisis sin perder la esencia cualitativa e interpretativa del enfoque metodológico. Por último, se presentan unas consideraciones finales sobre la importancia de estos enfoques menos “epistemologistas”.

### Perspectiva ontológica y enfoque cultural adoptado e implicaciones metodológicas

---

La búsqueda de caminos para captar el punto de vista del “nativo” en un contexto heterogéneo, de diferencia y diversidad cultural, nos aproxima a una perspectiva ontológica basada en: (a) un realismo simbólico que asume al lenguaje como una dualidad, esto es, como expresión de la realidad independiente de la conciencia de los sujetos, pero asimismo se entiende que este nace de la realidad que solo puede ser aprendida por intermedio del primero; (b) una postura que permita la interpretación del otro en su propio contexto o localismo, que se preocupa por la configuración de estructuras particulares que permiten el estudio de la diversidad cultural; y (c) una ontología histórica que procura superar tanto la falta de diacronía de las estructuras como su supuesto de coherencia interna de las mismas.

Ahora bien, un concepto de cultura centrado en la heterogeneidad, la diferencia y diversidad cultural, como el de C. Geertz (1989) –que supone una postura interpretativa– implica que la aproximación al “otro” es también una aproximación a su cultura. Este aspecto se especifica en su idea de cultura local, que en términos metodológicos según Lloyd (1995, p. 129), se concreta mediante el concepto de ontología del realismo o del localismo simbólicos, que (...) a la manera de Geertz, requiere una interpretación hermenéutica de los sistemas de significados mediante el examen de las representaciones simbólicas y de la conducta cultural de las personas que portan y reproducen esos sistemas de significados. Pero, considerando lo planteado por García Canclini (2002), nuestro estudio se aboca a comunidades culturales –escuela ciudadana, inmigrante campesina, campesinas de influencia U’wa y U’wa– configuradas en los contactos entre diferentes. Así se puede potenciar la idea de cultura como significado, esto es, como realidad mental o también como aquello que identifica y diferencia a un grupo de otros (cultura entendida en términos sustantivos) de Geertz, con la

idea de cultura en términos adjetivos, como configuración del sentido en la diferencia. Al respecto anota García Canclini:

*La reconceptualización hacia lo cultural, como adjetivo, no sustituye enteramente su uso sustantivo; sigue teniendo sentido para los actores sociales hablar de su cultura, aymara o zapoteca en algunos casos, para diferenciarse de la cultura nacional; brasileña o mexicana, si la diferenciación hay que efectuarla frente a extranjeros o en otro país. En distintas escalas, lo adjetivo sofisticado intercepta el sentido sustantivo. Así, la tensión entre lo propio y lo ajeno, no lo propio aislado, configura las escenas de identificación y actuación. En este sentido, propongo considerar también la interculturalidad como patrimonio (2004, p. 49).*

Además de encontrar intersecciones de sentidos sustantivos en las narrativas de los niños y niñas de los diferentes grupos estudiados, y que poseen mayor o menor grado de diferenciación –como lo anota García Canclini (2004)– estas también se configuran en la tensión entre lo propio y lo ajeno. Es esclarecedora, entonces, la discusión de Ávila (2006, p. 1025)<sup>3</sup> con los enfoques de las investigaciones de tipo interpretativo y resalta la necesidad de una perspectiva crítica de estos estudios, enfatizando en la importancia de (...) poner el acento en la interacción y mutua influencia entre grupos culturalmente distintos pero vinculados económica y políticamente. Citando a Wolf (1987) justifica un enfoque cultural histórico para las investigaciones en educación, mostrando la importancia de los trabajos de diversos autores que (...) han subrayado las historias que engendran y vinculan grupos culturales distintos, destacando así las luchas y negociaciones que se dan en la construcción conjunta de marcos de interacción en los que convergen dichos grupos. Como lo anota Eagleton (2000, p. 79) debe entenderse que cuando existen tensiones entre lo global y local “(...) ya no es más simplemente una batalla de definiciones, es un conflicto global. Es un asunto de política real, no solo de políticas académicas”. Lo anterior en el sentido en que la interpretación realizada de las narrativas mostrará que en sus orígenes, ellas dejan ver lo que Bosi (1998) llama una dialéctica de la colonización; ese es el sentido que nos da una constitución de la idea de naturaleza como intersecciones de sentidos sustantivos propuesto por García Canclini (2004), con configuraciones tanto homogéneas en algunos casos, como heterogéneas en dichas narrativas sobre la naturaleza.

Por tanto, teniendo en cuenta los objetivos de esta investigación, las narrativas deben ser contextualizadas históricamente. De acuerdo con lo an-

3 Trabajo realizado en el contexto mexicano.

terior, esta postura conduce a una especie de “ontología histórica”<sup>4</sup>, la cual se podría fundamentar a partir de tres aspectos: una ontología del realismo simbólico, un localismo y una ontología histórica.

Con respecto a una **ontología del realismo simbólico** (Llyod, 1992), implica metodológicamente una dualidad. De una parte, el lenguaje es una estructura real de símbolos, que existe independientemente de la conciencia, pensamiento y habla de cualquier sujeto; pero de otra parte, siendo simbólica, es representativa en varios niveles, de una realidad autónoma que éste intenta aprehender. A pesar de ser el lenguaje real, en términos objetivos, no crea la realidad externa que representa; asimismo nace de la realidad, pero ella –la realidad– solo puede ser aprendida por medio del lenguaje, así sea representada de múltiples maneras mediante éste. Además, la realidad social como algo elaborado, transformado y dinamizado en la interacción social histórica, se puede entender en un contexto de entendimientos sociales, lingüísticos o simbólicamente mediados.

De acuerdo con lo anterior, es necesario explicitar cuál es el rol del relativismo en nuestra perspectiva. Así, **la idea de localismo** se propone (Geertz, 1994) ver las cosas “desde el punto de vista del nativo”. La atenuación del relativismo que encierra el localismo de Geertz, se logra mediante procesos etnográficos y empíricos, que permiten ver una cultura desde otra, adquiriendo una perspectiva generalizadora. Como aclara Geertz (1996, p. 88) se trata de permitir “vernos, tanto a nosotros mismos, como a cualquier otro, arrojados en medio de un mundo lleno de indelebles extrañezas de las que no podemos librarnos”. Entonces la interpretación, en búsqueda del universo interpretativo del otro, sus ideas acerca del mundo, la naturaleza, la sociedad, etc., se enfrenta a una multiplicidad de “estructuras” complejas e incoherentes, muchas de las cuales se entrelazan, sobreponen; en términos de Geertz, tal complejidad puede ser representada mediante la metáfora del “*collage*”. De otra parte, el trabajo de interpretación requiere trascender los etnocentrismos, para lo cual se asume que es posible conocer otras culturas; parafraseando a Geertz (1994, p. 262) oscurecer las brechas y asimetrías entre culturas, (...) relegándolas al dominio de las diferencias reprimidas y negligenciadas (...) es lo que el etnocentrismo hace, y por tanto (...) es privarse de cambiar nuestras mentes; se trata de enfrentar las nuevas complicaciones de la diversidad, evitando una búsqueda de la naturaleza humana descontextualizada.

4 En parte esta perspectiva se inspira en los puntos de vista de Mauricio Langon, tomados de su texto “Para un modelo dialógico del pensar: Reflexiones a partir de un espacio de diálogo Intercultural”. Texto escrito con base en su comunicación oral presentada en el II Congreso de Filosofía Intercultural, Sao Leopoldo, R. S., Brasil el 09/04/97. Disponible en: <http://www ldc.se/ latinam/virtual/cultura/langon.htm>.

Una **ontología histórica**, puede ser configurada iniciando con la crítica hecha por Fernández (1995) al concepto de estructura, como la idea central del concepto de cultura de Lévi-Staruss, la cual se instala en una perspectiva ontológica sin diacronía, deshistorizándola, así (...) es preferible ocuparse del orden de la estructura porque, aparte de no disponer de medios para alcanzar la perspectiva histórica sino en última instancia, el número de sociedades humanas permite considerarlas como instaladas en el presente. Luego el método no será histórico, sino de transformaciones. Por el contrario, para Geertz (1962, p. 134) no existen estructuras previas y universales a todas las culturas, que deriven en una lógica y coherencia en su organización (...) todas las sociedades, igual las que no son comprendidas, tienen un orden característico, una especie particular de estructura, así ese orden y estructura sean incompletas, contradictorias y (...) de contorno vago e inconstante.

En cuanto al enfoque teórico, Geertz (1962, p. 134) proporciona algunos fundamentos básicos para el estudio de las ideas de naturaleza que tienen los niños y niñas con un enfoque ontológico histórico; así, se (...) estudia en el presente el ordenamiento, empleando una teoría general que articula comprensiones, cultura, (...) más el presente y el pasado. No podemos decir que esta investigación, tan particular, nos conduzca a una descripción densa, o una comprensión de nuestra cultura, o aún, que tengamos esa teoría general articuladora que enuncia Geertz; sin embargo, nos permite aclarar nuestra posición frente al enfoque de los estudios de *Word View* de Cobern (1991, 1996).

Explícitamente, Cobern (1991) adaptó el estructuralismo lógico para la investigación en educación en ciencias, utilizando el modelo de visión de mundo de Kearney (1984). Este se trata de un modelo sistémico, que toma en cuenta las interacciones complejas, no aditivas, de los diferentes componentes de una visión de mundo. Para Cobern, el poder del modelo lógico-estructuralista se encuentra en su estructura integrada, compuesta por categorías universales como: Yo, Otro, Relación, Clasificación, Causalidad, Espacio y Tiempo (Kearney, 1984). El esqueleto de una visión de mundo es, de acuerdo con el modelo, la oposición e integración del Yo y del Otro. Las demás categorías universales son derivadas de este armazón. Aunque los procedimientos utilizados en el proceso metodológico conduzcan a la construcción de narrativas (que son hipótesis del investigador), la configuración de los instrumentos aplicados para la recolección de los datos, parte de categorías definidas de antemano, con el fin de captar la “estructura profunda” de la visión de mundo de los entrevistados.

Los objetivos y el problema de nuestra investigación, tanto por sus fines como por sus enfoques teóricos y metodológicos, difiere de las realizadas por Cobern. En el primer caso, se trata de establecer y comprender las ideas teniendo como referencia los contextos históricos y culturales, y aproximarse a la constitución de las mismas partiendo de un análisis intercultural. En el segundo caso, se parte de una estructura sin diacronía construida a partir de categorías universales previas, contra la cual se recolectan y comparan las visiones de los estudiantes.

Son varias las implicaciones metodológicas del **localismo y la ontología histórica** para esta investigación y se concentran en la comparación para captar la diversidad en la “propia cultura”<sup>5</sup> basados en el supuesto de su constitución intercultural; aspecto que exige, como ya se anotó, una actitud menos etnocéntrica y de alguna manera una conjunción del reconocimiento de las asimetrías, las diferencias y el auto reconocimiento cultural. Así, los anteriores conceptos y actitud fueron definiendo el diseño y desarrollo de la investigación en cuanto a: la selección de comunidades comparables; la configuración de categorías a partir de la interpretación de las narrativas que simultáneamente permitieran captar las diferencias y la asunción de una perspectiva generalizadora; y la consulta de fuentes secundarias que admitieran una aproximación a la constitución histórica de alguna de las comunidades seleccionadas. Esto último, con el fin de realizar un análisis de las narrativas teniendo como referencia los contextos.

### Conceptos que orientan el desarrollo metodológico

---

Como consecuencia de las anteriores asunciones y los enfoques conceptuales adoptados, se requirió demarcar o configurar, en tal ámbito, las categorías y conceptos metodológicos; pero dada la naturaleza de este trabajo solo se aludirá a los conceptos y no a la investigación propiamente dicha, salvo en algunos casos para ilustrar ciertas conceptualizaciones. Se presentan síntesis, aproximaciones y construcciones con el fin de mostrar la configuración de horizontes, intensiones y miradas hacia la “realidad”. En cuanto a la caracterización específica del enfoque interpretativo, tres conceptos lo concretan: narrativa, contenido semántico y contexto cultural e interpretación histórica. Para cada caso se presenta tanto una conceptualización como algunos lineamientos para su adaptación pragmática y procedimental.

---

5 Aunque sea muy ambiguo, hablar de una cultura colombiana se puede proponer como hipótesis de este trabajo.

La búsqueda de una configuración metodológica para el estudio de las narrativas, esto es, las cartas de los niños y niñas escritas a un extraterrestre, conduce a varias consideraciones. En primer lugar, entenderlas como narraciones permite juzgarlas, no por su ajuste a los hechos, sino por su credibilidad y por lo que expresan; de otra parte, por permitir éstas organizar la experiencia, el conocimiento, las transacciones relativas al mundo social y natural, ellas dan cuenta de los patrones de la vida comunitaria como los valores, criterios estéticos y demás aspectos valorativos. En segundo lugar, entender la narrativa en un marco histórico, permite referenciales para una aproximación a los orígenes interculturales de nuestras cartas.

**La idea de las narrativas como narraciones** que Bruner (1990a) caracteriza en su texto, aunque se refiere a novelas, cuentos, poesía, entre otros, y las nuestras en tanto cartas de niños y niñas que difieren de las primeras en cuanto a la intención de sus autores, por tratarse de una forma de contar una historia (acontecimientos organizados en el tiempo), ambas –en cuanto modo narrativo– aproximan al universo cultural de sus autores:

*(...) para comprender al hombre es necesario, primero, comprender cómo sus experiencias y actos están moldeados por estados intencionales y segundo, que la forma de dichos estados intencionales, solo puede plasmarse mediante la participación en los sistemas simbólicos de la cultura. Es la cultura la que moldea la vida y las mentes humanas, la que le confiere significado a la acción situando sus estados intencionales subyacentes en un sistema interpretativo (Bruner, 1990a, p. 47).*

Lo anterior es posible, en la medida en que la cultura propone patrones inherentes a los sistemas simbólicos, modalidades de lenguaje y de discurso, formas de pensamiento paradigmático o narrativo y patrones de vida comunitaria: sistemas mutuamente interdependientes. La construcción de significados, para J. Bruner (1990a), se relaciona con el sistema que permite a las personas organizar su experiencia y conocimiento. Este sistema, llamado por el autor “psicología popular”, tiene una estructura narrativa. Posee un carácter canónico ya que no solo nos permite establecer cómo son las cosas, sino también cómo deberían ser. La psicología popular también postula la existencia de un mundo fuera de nosotros que modifica la expresión de nuestros deseos y creencias. Este mundo es el contexto en cual se sitúan nuestros actos, y el estado en que se encuentre, puede proporcionar razones para nuestros deseos y creencias (Bruner, 1990a, p. 53).

Las narraciones pueden ser reales o imaginarias, y lo que determina su configuración global como trama, no es la verdad o falsedad de sus ora-

ciones (su inferencia fáctica), sino la secuenciación de las mismas. Anota Ricoeur que la tradición (la cultura) proporciona la 'lógica imposible de las estructuras narrativas', mediante las cuales miríadas de secuencias se enlazan entre sí para construir narraciones (Bruner, 1990a, p. 57). Como lo plantea Bruner, el soporte de tal actitud es su propia cultura. Pero esta apropiación es larga y compleja; en este proceso se incluyen las vivencias, la elaboración de juicios sobre éstas (y en general de la realidad), la participación en la vida comunitaria, las interpretaciones y representaciones de lo que sucede, se cree y se desea; todas estas constituyen tramas complejas, concepciones y modelos sobre el mundo y la sociedad. Estos modelos no son solo teorías (explicaciones, doctrinas, melodías o ritos para el caso de otros sistemas culturales diferentes a la ciencia), son también fuentes de actitudes; esto es, de tendencias, aptitudes, estados de ánimo, propensiones, destrezas, hábitos, inclinaciones, etc.

La discusión realizada por Burke (1992), desde la perspectiva del historiador, proporciona elementos para la conceptualización de las narrativas en cuanto a sus límites y posibilidades metodológicas en esta investigación. La discusión entre Lévi-Strauss y Clifford Geertz en torno a la importancia y destaque de las estructuras o de las descripciones densas, cuando se estudian las culturas, no es una discusión que solo se ha presentado al interior de la antropología; es el caso de la problemática analizada por Burke pero en el campo de la historia. En tal sentido se pregunta Burke: ¿El historiador debe narrar la historia o analizar las estructuras? El desarrollo de esta discusión permite otras aproximaciones teórico-metodológicas a la idea de narrativa.

De los diferentes tipos de narrativas delineadas en el texto de Burke, como los textos de los historiadores que narran acontecimientos, las narraciones literarias y las narraciones de los protagonistas de la historia, interesan estas últimas, en particular sus cartas. Parafraseando a Golo Mann (en Burke, p. 335) podemos decir que siguiendo la perspectiva de la ontología del realismo simbólico, que también implica criterios empíricos, no se pretende (...) leer la mente de su héroe, apenas sus cartas (...) para plantear reconstrucciones acerca de sus preocupaciones y relevancias, cuando se refieren a sus ideas de naturaleza y de las relaciones hombre-naturaleza. En el caso de los historiadores, las narrativas les permiten (...) escoger lo que consideran significativo en el pasado (...), análogamente nuestras cartas y la forma como ellas se recolectan, permiten capturar lo que sus autores y autoras consideran significativo; ellas, mediante puntos de vista particulares [...] revelan la cultura en las que se constituyen [...] son como entradas hacia una cultura y claves para posteriores profundizaciones históricas.

El contenido semántico es el concepto que permite interpretar las narrativas desde el “punto de vista del nativo” una mejor comprensión de dicha idea requiere un mínimo entendimiento del concepto de semántica, la cual se entenderá en el sentido propuesto por Ricoeur (1976, p. 33); se trata de (...) la teoría que relaciona la constitución interna o inmanente de sentido a la intención exterior o trascendente de la referencia. Entonces el contenido semántico debe mostrar el sentido, el qué, lo que se quiere decir, la intención expresada en el discurso con el lenguaje particular que la denota, que provoca una actitud mental de comprensión de quien escucha. Pero el sentido está atravesado por las intenciones de la referencia de quien habla, o sea, por su propósito de referirse a algo. Según Ricoeur, esta relación entre sentido y referencia nos dice algo de la condición ontológica del ser en el mundo:

*El lenguaje no es un mundo propio. Ni siquiera es un mundo. Pero, porque estamos en el mundo, porque estamos afectados por situaciones y porque nos orientamos mediante la comprensión en tales situaciones, tenemos algo que decir, tenemos la experiencia para llevar al lenguaje (1976, p. 32).*

Esta posición de Ricoeur, la cual establece una relación entre lenguaje y mundo de la vida, conduce a la idea de cotidiano, a la experiencia en y con el mundo y la sociedad; permite una recuperación de la vivencia cultural del sujeto y también una liberación del círculo exclusivo del lenguaje. Así, interesa entonces relacionar las expresiones de los niños y niñas, presentes en sus narrativas, con sus experiencias y apreciaciones sobre el mundo. El siguiente cuadro conceptual, elaborado por Laura Bovone sobre las teorías de la cotidianidad, puede ser útil para el anterior propósito.

*Desde un punto de vista, la vida cotidiana favorece la emergencia del sentido, en la medida en que se torna como: (a) fuente de conocimiento del tipo inmediato y no reflexivo, más fundamental, porque es común a todos y base para cualquier otro tipo más sofisticado (Schutz, Berger, Garfinkel); (b) interacciones en donde se evidencia la competencia de los autores en la representación de la vida, situaciones, en las que el sentido se construye en la reflexión verbal, que sigue a la acción (Goffman, Garfinkel); (c) comunicación para la constitución de valores y normas comunes, posible conciencia de la emergencia de necesidades no alienadas, momento de la comprensión recíproca (Habermas, Heller, Ardigo) (p. 275).*

La anterior idea acerca de la semántica, enfoca la interpretación hacia la determinación de su **contenido semántico**. Éste, de una parte, debe mostrar el sentido de lo que sus autores quieren decir –como proponer una predicción o supuesto, expresar un valor o actitud, formular un concepto–, expresado en el discurso que denota dicho propósito; –si es una predicción en modo subjuntivo, las propiedades de los objetos con adjetivos, los conceptos con sustantivos, las acciones con verbos, la seguridad y autonomía posiblemente con afirmaciones–; y de otra parte la referencia, de lo que se trata, a lo que ellos (autores y autoras) se están remitiendo, que conecta su experiencia en el mundo con el lenguaje utilizado en su discurso, en este caso su idea de naturaleza. Dicha relación entre sentido y referencia, en el contenido semántico a establecer en la interpretación de las narrativas, debe explicitar sus marcos de referencia; con ellos los sujetos construyen el mundo, caracterizan su curso, segmentan los acontecimientos, se orientan y también construyen su conocimiento.

Igualmente, sin sus marcos de referencia el sujeto estaría “perdido en las tinieblas de una experiencia caótica” (Bruner 1990b, p. 66); el objetivo de interpretar las ideas de los niños y niñas no podría ser posible si no estuviese contemplado en la investigación, la identificación de sus marcos de referencia; sin ellos no podríamos entender lo que nos están queriendo decir. Parafraseando a Bruner, podríamos decir que estaríamos perdidos en las tinieblas, en un mundo caótico, sin poder orientarnos, sumergidos en los significados que estamos queriendo comprender.

Para poder realizar la interpretación de las cartas se pueden realizar varias hipótesis sobre las intenciones que las orientan: (a) proponer una predicción o supuesto mediante un modo subjuntivo o afirmativo; (b) expresar un valor estético mediante adjetivos; (c) expresar un criterio moral, una crítica o justificación de la acción humana, mediante afirmaciones de tipo moral; (d) expresar una emoción; (e) formular conceptos, como partir de las propiedades de los objetos mediante adjetivos, con categorías mediante sustantivos, con enumeraciones de entes mediante sustantivos, con la caracterización de procesos naturales y relaciones a partir de verbos y adverbios; y (f) expresar una actitud crítica hacia el comportamiento humano mediante afirmaciones.

## Contexto cultural e interpretación comparada e histórica

---

Otra forma de comprender las ideas de los niños y niñas sobre la naturaleza y la relación que los hombres adoptan con ella, es mediante una aproximación histórica, que permita proponer hipótesis sobre los contex-

tos culturales que dan sentido y significado a tales ideas. Para realizar esta aproximación, acogemos el concepto de producción secuencial adoptado por Molina (2000) de Mercer y Edward (1988), con el fin de integrarlo a su propuesta de contexto cultural y de conglomerado de relevancias.

Para iniciar, se reconoce que los individuos participan diferencialmente de los mensajes que se transmiten por intermedio de objetos, bienes materiales, ideas, signos, las mismas personas, etc. Lo anterior implicaría relaciones entre modos de expresión cognitivos específicos y experiencias, las cuales, a su vez, devienen de esos usos simbólicos igualmente localizados. Así, la interacción entre redes de relaciones en una cultura, es amplia y diversificada. Entonces no basta, para establecer el significado de toda acción, de toda acción simbólica, con determinar el grupo social o la cultura en los cuales se originan.

Muy por el contrario, para determinar el significado de las acciones, expresiones, signos, iconos, y todas las demás formas simbólicas, hay que buscar los temas valorizados, las escalas de valores, las normas, las vivencias y preocupaciones cruciales, o sea “**conglomerados de relevancias**” (Molina, 2002) que comparten grupos pequeños o más amplios, frente a estos significados.

A partir de G. Velho (1987), podemos decir que el contexto cultural es el escenario donde se negocian los significados, y que la vida social nos muestra cómo individuos y grupos envuelven los más dispares motivos, intereses materiales y no materiales, de tal manera que el significado está siempre en consideración. Como ya anotamos, las acciones se podrían comprender si estableciéramos los “conglomerados de relevancias” que propician la motivación de un comportamiento, ya que con su establecimiento (de las relevancias) podríamos aproximarnos tanto a los fines de esa acción, como a la forma como ella es concretada (Velho 1987). Este último aspecto nos aproxima a los motivos por los cuales las personas reaccionan como lo hacen.

La idea de **producción secuencial** permite argumentar que esos variados motivos a los cuales aluden las personas para reaccionar como lo hacen, decir lo que dicen, etc., muchas veces son una reiteración del pasado; dicha idea (Edward y Mercer 1988) supone que todo lo que puede ser dicho hoy se convierte en pasado, el cual también informa y reforma al presente. Esta perspectiva puede ser complementada con Boutinet (1990), que a propósito de la caracterización de los proyectos, muestra que se puede realizar una prospección a partir de los contextos; asimismo los acontecimientos futuros podrían informar sobre el sentido del presente. De este modo, la producción

secuencial se refiere al principio de análisis (...) conversacional en el cual toda alocución –y por extensión, todo texto– son producidos secuencialmente en el contexto de otra alocución o texto, de manera que su significación está inherentemente situada y es producida interactivamente (Edward, 1998, p. 55). En términos históricos, Pepper (1942, en Cole, 1999, p. 129) ofrece un argumento coherente con el enfoque anterior. Al respecto anota que:

*El contextualista no se refiere principalmente a un acontecimiento anterior, uno que está, por así decir, muerto y se tiene que desenterrar. Se refiere al acontecimiento vivo en su presente. Lo que generalmente consideramos historia, dice el contextualista, es un intento de representar acontecimientos, de darles vida de nuevo de alguna manera (...) podemos llamar al (acontecimiento) un acto, si queremos, y nos cuidamos de nuestro uso del término. Pero a lo que nos referimos no es a un acto concebido como único y aislado; es a un acto en y con su entorno, un acto en su contexto (Pepper, p. 232).*

Lo anterior quiere decir que en la interacción discursiva, es cuando los participantes de una conversación retoman los significados acerca de algo (eventos, descripciones, explicaciones), así el establecimiento de su importancia y relevancia, aquella con la cual ellos son tratados, depende de cómo nos remitimos al contexto en donde fueron producidos, en el momento en que nuevas versiones están sucediendo. Con esta característica de continuidad del contexto (referida al tiempo), aparece la del **deslocamiento**, tanto temporal (traer de un contexto pasado a otro diferente presente) como de uso. En este caso hace alusión al contexto del habla y al de un texto escrito. Es posible producir deslocamientos y pasar de un contexto verbal a uno escrito y viceversa. Asimismo, tales deslocamientos implican un conjunto de normas y rituales presentes en los contextos, en donde todo saber –que cada cultura considera como importante por alguna razón– es escuchado, transmitido, leído, renovado, etc. La referencia a un contexto (ya sea por continuidad, deslocamientos, o por alusión a presuposiciones) para captar el significado, del cual depende que los conocimientos sean compartidos, pone en evidencia que todos estos usos y acciones simbólicas y cognitivas nos enfrenta a ambigüedades. La interpretación de las narrativas, su comprensión, produce el mismo efecto. La resolución de tales ambigüedades, implica una aproximación a los criterios en los cuales radica su importancia, fuerza y alcance (Cobern, 1996).

Ahora bien, no basta, para desentrañar los significados –específicamente de nuestras narrativas– prescribir el grupo social o la cultura en los cuales se originan y actuar en consecuencia. Muy por el contrario, tal criterio puede oscurecer la exploración. Para descifrar su significado, sentido y alcance, se requiere buscar los temas valorizados, las escalas de valores, las nor-

mas, las vivencias y preocupaciones cruciales, o sea, los “conglomerados de relevancias” que comparten grupos pequeños o más amplios frente a estos significados. Una imagen de las significaciones encontradas, permite visualizar entramados y jerarquías de valores, creencias, conceptos, visiones (Molina, Mojica, López y Torres, 2005), que dan una idea de lo que es importante, creíble, necesario y legítimo en los niños y niñas de las diferentes comunidades, respecto a la idea de naturaleza y a las relaciones del hombre con esta. Asimismo, la reiteración en el tiempo de representaciones se comprende dado que se trata de síntesis de procesos de evaluación, en los cuales se están emitiendo siempre juicios de valor; entonces, tanto los grupos sociales como los individuos, no son neutros: se posee una forma subjetiva de interpretar significados y elaborar sentido, que orientan las apreciaciones sobre el mundo, que siempre son interesadas.

Las anteriores consideraciones permiten, en términos prácticos, orientar la asunción de categorías para realizar el análisis de las narrativas, este es el caso del concepto de valor; Ricoeur (1995) propone comprenderlo, no tanto en sentido abstracto y filosófico, sino en un sentido concreto. Los valores pueden ser aprehendidos en las actitudes que los individuos tienen frente a los otros, frente al trabajo, al poder, la experiencia temporal, etc. La disquisición sobre lo planteado por Ricoeur, al comprender los valores como concretos, introduce una relación muy estrecha entre selección y valores, que puede ser aclarada con su siguiente argumentación:

*La misma experiencia, en un nivel histórico, fue hecha por la sociedad griega; esta habría podido desarrollar utensilios a partir de las invenciones técnicas de la geometría y de la física nacientes; pero esos utensilios no fueron sistemáticamente desarrollados porque el proyecto de disminuir el sufrimiento de los hombres, en la época de la esclavitud, no constituía en sí aún un valor positivo. La idea de sustituir la esclavitud por la máquina solo se hizo un valor positivo cuando se preguntó cómo el esfuerzo humano podía ser explotado (Ricoeur, p. 151).*

A partir de lo anterior, es posible una analogía. Así como en la sociedad Griega fue a través de los valores como se encaminaron sus medios de producción, se tomaron decisiones y se ejecutaron acciones, se seleccionó lo que era necesario e importante; de la misma manera, podemos decir que son algunos de los valores instaurados en la actual sociedad y en la escuela, los fundamentales cuando un sujeto decide sobre una comprensión, sobre esas representaciones que posee de la realidad, será valorada como importante para ser incluida en sus consideraciones acerca de la naturaleza, por ejemplo.

La imagen de entramado de valores, creencias y visiones, no estaría más o menos delineada sin una consideración final, dado que una de las hipótesis de trabajo de esta investigación es la de la constitución intercultural de la sociedad colombiana; es pertinente acudir a las discusiones e investigaciones que, en la enseñanza de las ciencias, han abordado este problema.

Enfoques multiculturales e interculturales en la enseñanza de las ciencias naturales, han tratado este problema. Se entiende que los diferentes conocimientos se ponen en contacto cuando se realiza el proceso de enseñanza aprendizaje; Cobern, (1994, 1996), Cobern y Aikenhead (1998), Aikenhead, (1996, 2001), Costa (1995), Molina, (2000 y 2005), El-Hanni y Sepúlveda (2006) han mostrado que el cruce de fronteras culturales es un fenómeno que ocurre continuamente en cualquier aula de clase, inclusive en sociedades fundamentalmente urbanas (y mucho más tratándose de comunidades de inmigrantes y campesinos de origen U'wa, como es el caso de nuestra investigación). Se ha señalado que así los alumnos frecuentan aulas de ciencias en contextos occidentales urbanos, también ellos participan de diferentes subgrupos y/o comunidades culturales.

Al respecto, destacan Cobern y Aikenhead (1998) que los subgrupos encontrados dentro de una determinada cultura pueden ser identificados por la raza, etnia, lenguaje, género, clase social, clase de trabajador, religión, etc., constituyendo subculturas que pueden ejercer una poderosa influencia en el aprendizaje de las ciencias. La propia ciencia escolar puede ser entendida como una subcultura, la cual, en la concepción de Aikenhead (1996), transmite una visión estereotipada de las ciencias, de carácter positivista, alienada de los aspectos sociales, autoritaria y absolutista. En los términos anteriores, los alumnos son frecuentemente impelidos a negociar cruces entre fronteras culturales, sin saber qué están negociando o si lo quieren hacer. Esta situación no se ha considerado para comprender los fracasos escolares.

La anterior caracterización ha motivado investigaciones con la finalidad de determinar la existencia de barreras culturales en el aprendizaje de las ciencias (Ogawa, 1989, en Cobern, 1993; Kawasaki, 1990, 1996) fundamentadas en una visión de mundo diferente a la de la ciencia occidental; se encontró incompatibilidad entre las nociones de causalidad, obstáculos en la comprensión de los modelos explicativos asociados a una discrepancia entre la imagen mecanicista de la naturaleza de la ciencia escolar y/o los presupuestos materialistas y naturalistas del discurso científico, y la imagen de naturaleza presentadas por los alumnos (Cobern, 2000; Cobern y Loving, 2001). En el caso de El-Hanni y Sepúlveda (2006), se realiza una caracterización en la cual se establece cómo entran en contradicción visiones de la ciencia con creencias religiosas.

En el caso de Molina (2000) y Molina y otros (2005), las relaciones entre diferentes sistemas de conocimiento se entienden como intercambios que tienen sus orígenes en la conformación de las mismas culturas; se encontró en un grupo urbano de niños y niñas que existen diferentes visiones en torno a la adaptación vegetal, en las cuales se hallaron perspectivas occidentales y no occidentales en cuanto a los criterios, valores y en general a los aspectos a los cuales aluden los sujetos en diferentes sistemas de conocimientos (científicos, legos) para seleccionar los corpus de conocimientos, aquello con lo cual algo se constituye en creíble, cognoscible, bello, verdadero, fiable, útil, práctico, etc. (Elkana, 1983). Estos criterios y valores constituyen diferentes jerarquías, que en el caso de esta investigación revelan los cruces e intercambios de las comunidades culturales estudiadas. Así se encontraron diversas jerarquías que: (a) apreciaron valores estéticos más que criterios morales, conceptuales o actitudinales, etc.; (b) valoraron criterios conceptuales más que aspectos morales, emocionales o estéticos; (c) estimaron criterios morales más que aspectos conceptuales, emocionales, etc.; (d) establecieron simetrías entre aspectos conceptuales, morales, emocionales. Así se dio el mismo peso a variados aspectos y criterios; (e) se concentraron en un solo aspecto: intensidad únicamente moral, crítica, conceptual, etc.

En el caso de esta investigación, un primer aspecto que se quiere resaltar es el relacionado con las actividades agrícola y ganadera, las cuales están presentes en el primer caso y ausentes en el segundo, en las narrativas de los niños y niñas.

A partir de los textos originales de Salvaador Camacho Roldan (1878, en González, 1990), retomados por Palacios (2001), se estableció una relación entre los contenidos de las narrativas que aluden a la actividad agrícola y su permanencia en Colombia como actividad social que sufre una transformación en el proceso de colonización. De ser una actividad humana que garantizaba la seguridad alimentaria de las comunidades indígenas (Tovar, H. 1992), pasó a convertirse en una actividad relegada a los colonizados empobrecidos como los indígenas y posteriormente los campesinos:

*Cuando arribaron a la Española<sup>6</sup> los primeros embarques de vacunos, cerdos y ovejas en el segundo viaje de Colón (1493), estaba llegando a América la antiquísima tradición pastoril de los ibéricos predominante a todo lo largo de su historia, la cual modelaría en gran medida la ocupación del territorio, la mentalidad de los ganaderos y la estructura de propiedad de la tierra. La propensión pastoril del español sufrió una sublimación al ser trasplantada a América, porque los hidalgos que*

---

6 Primera isla americana del Caribe a la cual llegaron los españoles.

*llegaban pobres y se volvían ricos en poco tiempo con el oro tomado a los indios, una vez que decidían echar raíces en el Nuevo Mundo, lo hacían con una actividad como la ganadería, digna de su condición de hidalguía (Camacho Roldán, 1878, p. 77).*

La condición hidalga de estos colonizadores no es la misma que la de los “verdaderos” Hidalgos que estaban en España; los primeros eran sectores de la población, que en su país también estaban sujetos a la dominación de los segundos. Estos hidalgos de América, cuando se relacionaban con el nativo, olvidaban y recordaban una particular relación con los Hidalgos españoles en su madre patria:

*El paisaje rural estaba dominado en esos momentos por haciendas de tipo colonial bastante improductivas, las cuales reflejaban valores culturales heredados de los españoles que le asignaban mucho status a tener tierras, pero asociadas a su vez a una visión del trabajo como algo poco noble. Se imponía la emulación de las noblezas europeas ilustradas dedicadas a las humanidades y la jurisprudencia, y alejadas de los trabajos manuales y prácticos. Personas como Salvador Camacho Roldán y sus colegas parecían estar tratando de trabajar bajo la imagen de la burguesía anglosajona, en sus esfuerzos por modernizar el agro colombiano (Palacio, 2001, p. 86).*

Así, también las diferentes referencias de los niños y niñas expresarán particulares y específicas formas de recuerdo y olvido que siguen constituyendo la memoria cultural; reitera una relevancia que se fue configurando, seguramente con variaciones en su significado, acerca de una manera de relacionarse con la naturaleza asociada a unos grupos sociales colonizados y económicamente empobrecidos. En concordancia con el énfasis dado por los niños y niñas a la actividad agrícola –a diferencia de la actividad ganadera– se encuentra que la única alusión a la actividad de la ganadería en las narrativas, se refiere a los productos que pueden ser producidos con el ganado bovino, como es la fabricación de lácteos, productos derivados de la carne y del cuero. De ninguna forma se refieren a la actividad de la ganadería explícitamente, confirmándose el papel de las comunidades indígenas en el orden establecido por la colonia española y el origen del campesinado pobre.

De otra parte, otras alusiones de Salvador Camacho muestran cómo estas actividades agrícolas están asociadas a la configuración de la nación como un interés dominante que se evidencia en el monocultivo, y que da paso a la división del país entre campo y ciudad, rural y urbano, agrícola y ganadero. La constitución de la nacionalidad asocia naturaleza y productividad material a bajo costo:

*El 31 de marzo de 1878, Salvador Camacho Roldán pronunció el discurso de inauguración de la Sociedad de Agricultores de Colombia. Sentó las bases de lo que debería ser el futuro del campo en Colombia. (...) el cultivo de la tierra y la cría de ganados constituyen el interés dominante entre todos los intereses materiales del país, saber obtener producciones de la tierra de un modo abundante y barato, es la primera de las necesidades físicas de esta nación (Camacho Roldan, 1878, p. 77).*

Así, para los niños y niñas la naturaleza (...) es donde sacan el cultivo las frutas y muchas cosas más<sup>7</sup>; (...) cuidarla, amarla y sembrarla<sup>8</sup>; (...) la relación del hombre con la naturaleza es que él la cuida y la cultiva<sup>9</sup>; (...) el hombre es el que cultiva las plantas, las hiervas y de todo eso sacan las verduras<sup>10</sup>; (...) por que pescan, siembra los árboles y alimentos y hortalizas se pescan<sup>11</sup>.

## Supuestos metodológicos

---

Las anteriores discusiones se traducen en varios supuestos de tipo metodológico, los cuales explicitan y precisan la metodología, así como los supuestos teóricos y metodológicos en los procedimientos; los supuestos desarrollados a continuación tematizan y orientan la maneara como se entenderán los significados y conocimientos de los niños y niñas en la investigación.

**Supuesto 1. Los niños y niñas elaboran significados.** De acuerdo con Corsario (1997), los niños y niñas no son receptores pasivos de su cultura; a partir de su concepto de reproducción interpretativa desarrollan argumentos para mostrar que elaboran significados. Anotan Coll y Muller que:

*Es usual que nos refiramos a culturas infantiles en nuestros trabajos, principalmente porque la Sociología interpretativa de los actores sociales rompe con la forma de entender la socialización como programación cultural, mediante la cual los niños absorben pasivamente las realidades con las que entran en contacto. No se trata de adaptación o interiorización de las reglas, hábitos y valores del mundo adulto; ellos atribuyen significados al mundo que los rodea (2005, p. 163).*

**Supuesto 2. Los significados intermedian el proceso de conocer.** El significado intermedia las aproximaciones de los sujetos a los objetos que se

---

7 Alumno 31 comunidad escolar inmigrante.

8 Alumno 3, comunidad escolar inmigrante.

9 Alumno 7, comunidad escolar inmigrante.

10 Alumno 31, comunidad escolar inmigrante.

11 Alumno 17, comunidad escolar campesina con influencia U'wa.

conocen; esta intermediación interviene de diferente manera en el proceso de conocer, ya sea como modelos de juicio, como criterios de valor, etc.

**Supuesto 3. Los significados y los criterios de selección en el conocimiento.** Los procesos de significación se constituyen, junto con criterios de selección, en la construcción del conocimiento, ya que no todo lo que se ve es percibido, no todo lo que sucede es valorizado con el mismo peso, etc. Tratándose de ideas sobre la naturaleza y sus implicaciones en la noción de lo vivo (que es el caso que queremos analizar), la selección –de un repertorio muy grande de informaciones, conocimientos anteriores, experiencias, visiones, valores, etc.– es una opción del sujeto, que a la vez determina el contenido de sus formulaciones.

**Supuesto 4. Los significados se expresan en el lenguaje.** La cultura, al determinar los esquemas de significación transmitidos históricamente, plantea que ellos –los significados– pueden ser reconstruidos a partir, tanto de sus representaciones y elaboraciones simbólicas y sus inter-relaciones, como también de sus productos, valores, actitudes y demás manifestaciones. De todas las anteriores posibilidades de reconstrucción de los significados culturales, nos interesa aquél sistema de concepciones heredadas y expresadas en formas simbólicas.

**Supuesto 5. Los significados pueden ser estudiados por la semántica.** De acuerdo con el anterior supuesto, los significados culturales pueden ser estudiados a partir de los símbolos, la representación simbólica, la dinámica de las lenguas, el uso del lenguaje, y ser tratados como procesos semánticos.

**Supuesto 6. Los conocimientos especializados como apoyo para describir las ideas de los niños y niñas.** En cuanto al estatus de las ideas de los niños y las visiones científicas, los estudios transculturales muestran que no son comparables. Un punto de vista didáctico, en el cual tengamos como referencia los conocimientos especializados para estudiar los conocimientos infantiles, debe estar orientado hacia el logro de mejores descripciones y no hacia la evaluación o juicio sobre su veracidad, lógica y racionalidad.

## Narrativas y procedimientos metodológicos

---

En cuanto al valor metodológico que poseen las narraciones, en particular las cartas de los niños y niñas en la investigación educativa, fue posible establecer, apoyados en la revisión realizada por Galvão (2005), criterios para orientar los procedimientos y así realizar la recolección e interpreta-

ción de nuestras cartas. En particular, hemos establecido cuatro aspectos que sintetizan el nivel de importancia de dichos criterios que se presentan a continuación.

Una primera importancia se refiere al acceso de la experiencia de los niños y las niñas mediante las narrativas y su interpretación, que como lo anota Galvão, aunque [...] no podemos olvidar que no tenemos acceso a la experiencia de los otros, lidiamos apenas con representaciones de esa misma experiencia por medio de escuchar las historias, de los textos, de la interacción que se establece y de las interpretaciones que se realizan (2005, p. 330).

En segundo lugar, con respecto al contenido de las voces de sus autores, Galvão retoma a Elbanz (1990), quien formula seis razones que tornan las narrativas como un buen método para hacer públicas las voces de los niños y niñas, las cuales pueden ser adecuadas para esta investigación, así: (a) las cartas revelan conocimiento tácito importante para ser comprendido; (b) tienen lugar en un contexto significativo que cristaliza procesos de significación constituidos históricamente; (c) generalmente involucran lecciones morales a ser seguidas, valores y creencias; y (d) dan posibilidad a posturas críticas de un modo social aceptable.

En tercer lugar, nos aporta un procedimiento que permite una aproximación a la validación del tipo de análisis realizado en esta investigación. En este sentido, se apropiaron algunos de los criterios de Reissman (1993): (a) **persuasión**: se trata de la coherencia y plausibilidad del texto para ser convincente, lo cual se consigue mediante la explicitación de los soportes teóricos y por modos alternativos para el análisis de los datos; (b) **coherencia**: indica que el investigador debe estar atento a la coherencia de la narrativa en todos sus aspectos: global (objetivos que el narrador quiere lograr con la carta que escribe), local (comunidad a la cual pertenece el niño o la niña) y temática (se expresa en los contenidos conceptuales, valorativos y estéticos); (c) **correspondencia**: los textos como resultado de la interpretación, deben ser construidos con los contenidos de las narraciones de las cartas; y (d) **utilización pragmática de la narrativa**: su objetivo es la construcción social de la ciencia y se refiere a la proyección del estudio con investigaciones posteriores.

En cuarto lugar, otras recomendaciones como las de Gee (1990), también permiten criterios más precisos para proceder metodológicamente. En cuanto a la recolección e interpretación de la información, se requiere procurar **múltiples relatos, colectados por la misma persona, así como múltiples intérpretes**, todo este procedimiento con el fin de: (a) garantizar

que la totalidad de la información obtenida sea la misma interpretada; (b) evitar dogmatismos de una historia singular; (c) construir los datos con los mismos criterios; y (d) permitir que el pensamiento personal sea presentado no como una confidencia entre cada autor y quien orientó la actividad de recolección de las narraciones, sino como conocimiento que es compartido por comunidades que participan de un mismo mundo.

Las anteriores consideraciones permitieron sistematizar y ajustar el desarrollo de la investigación en lo que se refiere a los procedimientos a seguir; así, de acuerdo con los aspectos anteriores, se perfilaron criterios para proceder metodológicamente. En la tabla siguiente se explicitarán para cada criterio, las condiciones metodológicas que se implementaron en las tres fases de la investigación.

Tabla resumen

Orientaciones para los procedimientos coherencia, consistencia y validez del proceso		
Fase	Criterios	Condiciones metodológicas
Recolección y primer análisis de las narraciones	<b>Persuasión:</b> se trata de la coherencia y plausibilidad del texto para ser convincente.	Explicitación de los soportes teóricos y modos alternativos para el análisis de los datos.
	<b>Coherencia:</b> indica que el investigador debe estar atento a la coherencia de la narrativa en todos sus aspectos.	La interpretación permite establecer que los objetivos del narrador, su procedencia y los contenidos de la narrativa sean consistentes.
	<b>Correspondencia:</b> permite establecer que las categorías construidas en la interpretación estén apoyadas con los enunciados de las narrativas.	Los textos, resultado de la interpretación de las cartas, deben incluir los contenidos de las narrativas para apoyar la interpretación.
	<b>Utilización pragmática de la narrativa:</b> no constituye un aspecto del desarrollo del proyecto; se trata de establecer qué tan fructíferos son los resultados de la investigación y en particular las narrativas obtenidas.	Los contenidos de las narrativas pueden ser el punto de partida de una investigación que permita establecer en muestras más amplias su presencia en otras comunidades de niños y niñas.
	<b>Consistencia en la recolección de las cartas:</b> se debe garantizar que la recolección de las narrativas (cartas) se realice por el mismo grupo.	Preparación del equipo para garantizar claridad de las condiciones y pautas previas dadas a los niños y niñas autores de las cartas, así como la previsión de un comportamiento frente a los grupos.

Fase	Criterios	Condiciones metodológicas
Recolección y primer análisis de las...	<b>Evitar dogmatismos de una historia singular:</b> procurar múltiples relatos.	Se eligieron cuatro comunidades y para cada una, por lo menos diez participantes.
	<b>Constitución de los datos con los mismos criterios:</b> a partir de un equipo con múltiples interpretes que participan siempre en todo el proceso de interpretación.	El equipo básico, quien realizó la interpretación de las narrativas, estuvo constituido por tres investigadores.
	<b>El pensamiento personal presente en las narrativas hace parte del acervo de conocimientos compartidos por comunidades que participan de un mismo mundo, no se trata de simples confidencias.</b>	Constitución de categorías a partir de las narrativas, en las cuales se observa cómo las comunidades comparten conceptos, valoraciones estéticas, éticas, entre otras, e igualmente determinan sus diferencias.
Contenido semántico	<b>Proponer una predicción</b> o supuesto.	Revela intenciones predictivas, mediante modo subjuntivo o afirmativo.
	Expresar un valor estético.	Demuestra intenciones estéticas mediante adjetivos.
	Expresar un criterio moral.	Se interesa por la crítica o la justificación de la acción mediante afirmaciones de tipo moral.
	Expresar una emoción.	Presenta experiencias a partir de las emociones que ellas provocan.
	Se interesa por formular conceptos.	Se determinan propiedades de los objetos con adjetivos.
		Se formulan categorías mediante sustantivos.
		Se realizan enumeraciones de entes mediante sustantivos.
Se preocupa por asumir una actitud crítica ante el problema planteado.	Se caracterizan procesos naturales y relaciones a partir de verbos y adverbios.  Manifiesta una actitud de crítica hacia el comportamiento humano, mediante afirmaciones.	

Fase	Criterios	Condiciones metodológicas
<b>Conglomerados de relevancias</b>	<b>Intenciones variadas y combinadas, con o sin jerarquías.</b>	La intención se jerarquiza, supeditando valores estéticos a criterios morales, conceptuales o actitudinales, estéticos, etc.
		La intención se jerarquiza, supeditando aspectos conceptuales a morales, emocionales o estéticos.
		La intención se jerarquiza, supeditando criterios morales a aspectos conceptuales, emocionales, etc.
		La intención combina aspectos conceptuales, morales, emocionales, dando el mismo peso a los variados aspectos.
		La intención se concentra en un solo aspecto.
	<b>Referencia implícita o explícita de sus comprensiones culturales.</b>	Referencia a la idea de naturaleza o a la idea de relación hombre naturaleza, de sujetos que no han tenido la misma experiencia.

## Consideraciones finales

Las anteriores reflexiones y sistematización metodológica, permitieron varios resultados que muestran que es posible una interpretación cultural de las ideas de los niños y niñas con perspectivas ontológicas. Se origina en la consideración de que la cultura tiene un carácter público, porque la significación también lo es; tal aseveración plantea varias preguntas: ¿cómo considerar al sujeto, al cual se refiere la epistemología en su análisis del conocimiento, centrado en la relación sujeto-objeto?, ¿a qué tipo de sujeto nos referimos cuando consideramos a la cultura y al lenguaje en el proceso de conocer?, ¿cómo compatibilizar la visión pública del significado y la dimensión del sujeto individual, para no disolverlo en la primera? Ahora bien, es importante señalar una diferencia fundamental: no se trata de un sujeto epistémico (que conoce la realidad activamente, que la retrata simplemente, o un sujeto que descubre las leyes de la naturaleza), ya que este sujeto está concebido con intenciones justificativas de explicación teórica. Una alternativa a esta visión “epistemologisista” sería realizar investigaciones que consideren una ontología histórica y local del sujeto. Asimismo, podemos adoptar la idea de Lacoste (1992), según la cual es en la filosofía del siglo XX que se descubre la subjetividad en la relación sujeto-objeto, en el proceso de conocer. Esta existencia reconoce que los esquemas de

significación le dan curso y dirección a la vida del sujeto; con ellos participa de las tramas de significación de su cultura, en la comunicación y perpetuación de las formas simbólicas desarrolla su conocimiento y sus actitudes frente a la vida, y sus estados intencionales subyacen a sistemas de interpretación.

## Referencias bibliográficas

---

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

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

Arango, R. y Sánchez, E. (1999). *Los pueblos indígenas de Colombia 1997. Desarrollo y Territorio*. Bogotá: Tercer Mundo Editores, en coedición con el Departamento Nacional de Planeación.

Ávila, L. A. (2006). Crítica al análisis cultural predominante en la investigación educativa. En: *Revista Mexicana de Investigación Educativa, RMIE*, 11 (30), 1019-1036.

Bosi, A. (1998). *Dialética do Colônião*. São Paulo: Companhia das Letras. Editora Shwarcz.

Boutinet, J. P. (1990). *Antropologia do projeto*. Lisboa: Instituto Piaget Editores.

Bovone, L. (1992). Teorias da cotidianidade: busca de sentido e negação de sentido. En: *Revista da Faculdade de Educação*, 18 (2), 247-282. Jul/dez. Universidade de São Paulo, Brasil.

Bruner, J. (1988). *Realidad Mental y Mundos Posibles*. B. López (Trad.). Barcelona: Gedisa.

\_\_\_\_\_ (1990a). *Actos de significado: más allá de la revolución cognitiva*. J. C. Gómez y J. Linaza (Trads.). Madrid: Alianza.

Bruner, J. y Haste, H. (Org.), (1990b). *La elaboración del sentido: construcción del mundo por el niño*. C. Ginard (Trad.). España-Argentina: Paídos

Burke, P. (1992). A história dos acontecimentos e o renascimento da narrativa. En: *A da história Escrita*. Rio Branco: UNESP.

Cobern, W. (1991). *Worldview theory and Science Education research*. NARST Monograph, Number three.

- \_\_\_\_\_ (1994). Point: Belief, understanding, and the teaching of evolution. En: *Journal of Research in Science Teaching*, (31), 583-590.
- \_\_\_\_\_ (1996). Worldview theory and Conceptual Change. En: *Science Education* 80 (5), 579-610.
- Coburn, W. y Aikenhead, G. S. (1998). Cultural aspects of learning science. En: B. J. Fraser y K. Tobin (Eds.). *International Handbook of Science Education* (pp. 39-52). Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.
- Coburn, W. y Loving, C. (2001). Defining "Science" in a Multicultural World: Implications for Science Education. En: *Science Education* (85), 50-67.
- Cole, M. (1997). Poniendo la cultura en el centro. En: *Psicología cultural*. España: Morata.
- Coll, A. C. y Muller, F. (2005). Em busca de metodologias investigativas com as crianças e suas culturas. En: *Cadernos de Pesquisa*, 35 (125), 161-179.
- Corsaro, W. (1997). *The Sociology of childhood*. California: Pine Forge.
- Costa, V. B. (1995). When science is "another world": Relationships between worlds of family, friends, school, and science. En: *Science Education*, 79 (3), 313-333.
- Edward, D. y Mercer, N. (1988). *El conocimiento compartido. El desarrollo de la comprensión en el aula*. R. Alonso (Trad.). Barcelona: Paidós, Temas de educación.
- Elbaz, F. (1990). Knowledge and discourse: the evolution of research on teacher thinking. En: C. Day, M. Pope y P. Denicolo (Eds.). *Insight into teachers' thinking and practice*. London: Falmer Press, pp. 15-39. Tomado por Galvão, C. Narrativa em educação. *Ciência & Educação*, 11(2), 327-345, 2005.
- El-Hani, C. N. y Sepúlveda, C. (2006). Referenciais teóricos y subsídios metodológicos para a pesquisa sobre as relações entre educação científica e cultura. En: F. Teixeira dos Santos y M. A. Greca. *Pesquisa em ensino de ciências no Brasil e suas metodologias* (pp. 161-212). Rio Grande do Sul: Unijuí Editora.
- Elkana, J. (1983). La ciencia como sistema cultural: una visión antropológica. En: *Boletín de la Sociedad Colombiana de Epistemología*, III, 10-11. Santafé de Bogotá.
- Fernández, E. (s. f.). *La noción de Cultura según Lévi-Strauss: opción ontológica*. Disponible en: <http://www ldc.se/ latinam/virtual/cultura/>. Proyecto de Filosofía en Español, Grupo Simploké.

- Galvão, C. (2005). Narrativa em Educação. En: *Ciência & Educação*, 11 (2), 327-345.
- García Canclini, N. (2004). *Diferentes, desiguales y desconectados. Mapas de la Interculturalidad*. Buenos Aires: Gedisa.
- Gee, J. P. (1990). *Social linguistics and illiteracies: ideology and discourses*. New York: Falmer Press. Tomado por Galvão, C. (2005). Narrativa em educação. En: *Ciência & Educação*, 11, (9), 327-345.
- Geertz, C. (1962). The social history. En: C. Lloyd (1995). *As estruturas da História*. M. Goldwasser (Trad.). Rio de Janeiro: Jorge Zahar Editor.
- \_\_\_\_\_ (1989). *La interpretación de las culturas*. A. Bixio (Trad.). Barcelona: Gedisa.
- \_\_\_\_\_ (1994). *Conocimiento local*. Barcelona: Paidós.
- \_\_\_\_\_ (1996). *Usos de la diversidad*. España: Gedisa.
- \_\_\_\_\_ (2001). Una aproximación al estudio de la transformación ecológica del paisaje colombiano: 1850-1995. En: G. Palacio (Ed.). *Naturaleza en disputa, ensayos de historia ambiental 1850-1995*. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia.
- Kearney, M. (1984). World view. Novato, C. A.: Chandler & Sharp Publishers. En: W. Cobern (1996). *Worldview Theory and Conceptual Change Science Education*, 80 (5), 579-610.
- Lacoste, J. (1992). *A Filosofia no século XX*. M. Appenzeller (Trad.). São Paulo: Papyrus.
- Langon, M. (1997). Para un modelo dialógico del pensar: reflexiones a partir de un espacio de diálogo Intercultural. [Conferencia] En: *II Congreso de Filosofía Intercultural*, Sao Leopoldo, R. S., Brasil. Disponible en: <http://www.ldc.se/lati-nam/virtual/cultura/langon.htm>.
- Lloyd, C. (1995). *As estruturas da História*. M. Goldwasser (Trad.). Rio de Janeiro: Jorge Zahar Editor.
- 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]. Universidade de Sao Paulo: Brasil.
- \_\_\_\_\_ (2002). Conglomerado de relevancias y formación científica de niños, niñas y jóvenes. En: *Revista Científica* (4), 187-199. Bogotá: Centro de Investigaciones y Desarrollo Científico Universidad Distrital de Colombia.

- Molina, A. (2005a). El "otro" en la constitución de identidades culturales. En: C. Piedrahita y E. Paredes (Eds.). *Cultura política, identidades y nueva ciudadanía* (v. 2), 139-169. Cúcuta: Sic Editorial LTDA.
- Molina, A.; Mojica, López y Torres. (2005). Idea de naturaleza y valores y creencias: un enfoque local (Primera Etapa). En: *Enseñanza de las Ciencias*, Número extra. Granada: VII Congreso Internacional de Enseñanza de las Ciencias.
- Montoya, C. (2001). Economía, tecnología y apropiación de la naturaleza en la segunda mitad del siglo XIX. En: G. Palacio (Ed.). *Naturaleza en disputa ensayos de historia ambiental 1850-1995*, pp. 350-351. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia.
- Palacio, G. (Ed.), (2001). *Naturaleza en disputa. Ensayos de historia ambiental 1850-1995*. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia.
- Reissman, C. (2005). *Narrative analysis. California: Sage, 1993*. Tomado por Galvão, C. Narrativa em educação. En: *Ciência & Educação*, 11 (2), 327-345.
- Ricoeur, P. (1976). *Teoria da Interpretação*. A. Morão (Trad.). Lisboa: Edições 70.
- \_\_\_\_\_ (1995). *Tarefas do Educador Político. Em torno ao político*. São Paulo: Loyola.
- Tovar, H. (1992). Colombia: lo diverso, lo múltiple y la magnitud dispersa. En: *Maguare* (2), Revista del departamento de Antropología de la Universidad Nacional de Colombia. Santa Fe de Bogotá.
- Velho, G. (1994). *Individualismo e Cultura. Notas para uma Antropologia da Sociedade Contemporânea*. Rio de Janeiro: Jorge Zahar Editor.

## Obstáculos epistemológicos y ontológicos en la comprensión del concepto darwinista de adaptación: implicaciones en la enseñanza de evolución

Claudia Sepúlveda<sup>1</sup>  
Charbel Niño El-Hani<sup>2</sup>

El papel central del pensamiento evolutivo en la estructura de las ciencias biológicas, y su relevancia para la enseñanza de la biología, ha llevado, desde la década de 1970, a la producción de trabajos de investigación que indaguen sobre los posibles aspectos que enmarcan el aprendizaje de la teoría de la evolución por selección natural, en alumnos de diferentes grados de escolaridad (Deadman, 1976; Deadman y Kelly, 1978; Brumby, 1983; Clough y Wood-Robinson, 1985; Bishop y Anderson, 1990; Bizzo, 1994; Desmastes, Settlage y Good, 1995; Ayuso y Banet, 1997; Ferrari y Chi, 1998; Santos, 2002).

En este capítulo se presentaran algunos resultados parciales sobre el análisis de las ideas de estudiantes brasileños de los niveles de enseñanza media y superior, en torno al concepto de adaptación y su relación con la teoría de la selección natural. Estos resultados fueron recolectados en el contexto de un proyecto que busca investigar la evolución de estas ideas en el espacio social del aula, a partir de una perspectiva socio-interracionista del aprendizaje, la cual se constituye en alternativa al modelo de cambio conceptual de Posner y colaboradores, y se define como *modelo de perfil conceptual*.

El modelo de perfil conceptual, desarrollado por el investigador brasileño Eduardo Fleury Mortimer para analizar la evolución conceptual en el aula, se fundamenta en la idea de que coexisten, para cada individuo, diferentes formas de pensar un mismo concepto, y que componen un perfil conceptual. Las zonas que lo estructuran contemplan aspectos epistemológicos y ontológicos propios de las diferentes formas de comprenderse la realidad (Mortimer, 1994; 1995; 2000). Este modelo difiere del modelo de cambio conceptual de Posner y colaboradores (1982) en la medida en que propone

- 
- 1 Departamento de Educação, Universidade Estadual de Feira de Santana (UEFS). Doutoranda do Programa de Pós-Graduação em Ensino, Filosofia e História das Ciências (UFBA/UEFS). Grupo de Pesquisa em História, Filosofia e Ensino de Ciências Biológicas (IB-UFBA).
  - 2 Departamento de Biologia Geral, Instituto de Biologia, Universidade Federal da Bahia (UFBA). Grupo de Pesquisa em História, Filosofia e Ensino de Ciências Biológicas (IB-UFBA). Docente dos Programas de Pós-Graduação em Ensino, Filosofia e História das Ciências (UFBA/UEFS) e Ecologia e Biomonitoramento (UFBA).

que la construcción de nuevos conceptos no presupone el abandono de las concepciones previas, pero sí la delimitación de los contextos en que ellas son aplicables. Así, el proceso de enseñanza y aprendizaje de ciencias es concebido en términos de dos procesos: (1) la evolución de un perfil conceptual, a través de la construcción de nuevas zonas; y (2) la toma de conciencia por los alumnos de su propio perfil y del dominio en que cada zona es aplicable (Mortimer, 2000).

Para que el primer proceso ocurra, uno de los papeles fundamentales del profesor es identificar los obstáculos ontológicos y epistemológicos en la comprensión del concepto científico a ser enseñado<sup>3</sup>, luego explicitar la existencia de tales obstáculos y discutir con los alumnos las dificultades encontradas en su superación. De este modo, el profesor podrá ayudar a sus alumnos a superar estos obstáculos (Mortimer, 2000, p. 143), que corresponden a: (1) ideas sobre el carácter de entidades, eventos y procesos naturales que contradicen las características de los conceptos, de las teorías y de los modelos científicos, de modo que los torna en contra-intuitivos; y (2) concepciones sobre el modo como tales entidades, eventos y procesos pueden ser conocidos y que no están de acuerdo con las presuposiciones epistemológicas y las prácticas de construcción del conocimiento propias de la ciencia.

En este capítulo discutiremos –inicialmente– la importancia del concepto de adaptación en la enseñanza de las ciencias biológicas, a partir de un breve tratamiento de su desarrollo histórico y de los debates acerca de su papel en la investigación biológica, como consecuencia de las críticas al adaptacionismo. A continuación, caracterizaremos el concepto de adaptación que será adoptado en este trabajo para formular la comprensión del fenómeno de la adaptación evolutiva<sup>4</sup> desde una perspectiva darwinista. Finalmente, discutiremos algunos obstáculos ontológicos y epistemológicos de esta visión, con base en datos empíricos recolectados a través de entrevistas y cuestionarios con estudiantes brasileños de los niveles medio y superior de enseñanza, de una revisión de la literatura sobre concepciones alternativas, y de los referenciales derivados de la historia y filosofía de la ciencia.

---

3 Como el perfil conceptual de un concepto comporta no solamente zonas referentes a las diferentes perspectivas de concebir la realidad que son propias del conocimiento cotidiano, sino también puede incluir más de una perspectiva científica, es preciso explicitar cuál zona del perfil se pretende construir en un determinado proceso de enseñanza. Aquí defendemos como uno de los objetivos para los niveles fundamental y medio, la enseñanza del concepto de adaptación en una perspectiva darwinista, caracterizada en la próxima sección.

4 El uso de la cualificación 'evolutiva' después del término 'adaptación' puede causar extrañeza. Es pertinente, así, justificarlo. Él es necesario en un tratamiento preciso del concepto de adaptación, en vista de que este término también es usado en la literatura para designar el fenómeno de adaptación fisiológica o ajuste fenotípico, de naturaleza diferente de la adaptación evolutiva (Bock; Wahlert, 1998).

El concepto de adaptación precede al darwinismo. El fenómeno de la adaptación era el enfoque central de la teología natural del siglo XVII, en cuyo contexto la interpretación de dicho fenómeno permitía sostener el argumento de diseño o planificación. De acuerdo con este, cada organismo habría sido meticulosamente proyectado para un papel definido en la economía de la naturaleza, por la acción creadora e inteligente de Dios, de modo que cada una de sus estructuras se encontraría perfectamente ajustada a su función. Ese argumento se encuentra, por ejemplo, en la obra *Natural Theology* de William Paley (1802).

Como analiza Amundson (1996), después de las leyes de Newton y la hipótesis nebular de Laplace, que hayan ofrecido explicaciones naturalistas basadas en causas eficientes para el comportamiento de los cuerpos celestes, el único dato empírico a favor de la existencia de un propósito o de causas finales en la naturaleza que es de destacar, al final del siglo XVIII, consistía en la adaptación biológica. Esto hizo que las ideas de propósito, plan y adaptación fueran ampliamente utilizadas en el contexto de una teleología cósmica (Mayr, 1982, 1988) para explicar fenómenos biológicos.

En este contexto, uno de los grandes desafíos de Darwin fue argumentar que la teoría de la selección natural podría explicar de manera convincente, así como desde una perspectiva naturalista, no solamente la diversidad de organismos, sino que también “el mismo conjunto de hechos usados por Paley como evidencia de la creación divina”, o sea, el origen de la complejidad adaptativa (Smith, 1969, p. 82). En el *Origen de las Especies*, las adaptaciones fueron tratadas como el aspecto más importante del mundo orgánico y la selección natural, se destacaba como el principal factor causal (pero no único) para el cambio evolutivo, asumiendo entonces esto como una fuerza adaptativa (Amundson, 1999, p. 28).

A partir de la década de 1870, la idea de evolución por descendencia común, se hizo popular entre los científicos y aún entre el público en general, gozando de gran aceptación. No se puede decir lo mismo en relación a la teoría de la selección natural. A finales del siglo XIX, para muchos científicos quedaban dudas en torno al papel de la selección natural en los cambios evolutivos, relacionadas, en gran parte, con la ausencia de modelos consistentes sobre los mecanismos de la herencia que pudieran explicar el origen de la variación continua entre los individuos de una población, bajo el cual el proceso de selección natural ocurriría. Alrededor de 1900, mecanismos alternativos a la selección natural gozaban de prestigio cada vez mayor (Meyer y El-hani, 2005, p. 45), comprometiendo hasta tal punto

la aceptación de la teoría darwinista, que ese periodo fue llamado por el historiador Peter Bowler, “eclipse del darwinismo” (Bowler, 2003, p. 224).

Desde la década de 1940, como consecuencia de la síntesis evolutiva<sup>5</sup>, se volvió dominante entre los biólogos evolutivos la idea de que las adaptaciones son el resultado de la selección natural (Mayr, 1988, p. 133), siendo posicionando el fenómeno de la adaptación como el centro de la biología evolutiva moderna (Amundson, 1996, p. 11). Esa tendencia fue tan vigorosa que muchos biólogos evolutivos del siglo XX dirigieron sus trabajos hacia la búsqueda del significado funcional y al valor adaptativo en una variedad de rasgos biológicos conspicuos, que hasta entonces no habían sido explicados convincentemente (Amundson, 1996, p. 11; Mayr, 1988, pp. 129-130). Para explicar estos rasgos, se propusieron historias adaptativas. Gould y Lewontin (1978) denominaron a esta forma de abordar la biología evolutiva como “programa adaptacionista”.

A finales de la década de 1960, varias críticas comenzaron a ser formuladas en torno a la visión adaptacionista que sostenía que la selección natural sería suficiente para explicar todos los caracteres como utilidad corriente que observamos en los organismos. Estas críticas se estructuraron desde los siguientes hechos y abordajes, los cuales expusieron los límites de la selección natural para la explicación de la organización estructural de las formas orgánicas: (1) descubrimientos acerca del papel del azar en los cambios evolutivos; (2) reconocimiento de que el proceso de selección natural no lleva necesariamente a la producción de adaptaciones; (3) la existencia de características que hoy aumentan la aptitud adaptativa, pero cuyo origen no puede ser atribuido a la acción directa de la selección natural; (4) énfasis en el papel de las restricciones estructurales y del desarrollo en la evolución

---

5 La síntesis evolutiva consistió en un movimiento de fusión del mendelismo con el darwinismo. Entre las décadas de 1920 y 1940, contribuciones de la genética, sistemática y paleontología fueron amoldadas en una nueva teoría, la teoría sintética de la evolución (Futuyma, 1993, p. 10). La síntesis evolutiva emergió a partir del desarrollo de la genética de poblaciones, principalmente a través del trabajo de tres investigadores, Fischer, Haldane y Wright, que demostraron que “la variación estudiada por los evolucionistas podría ser explicada por la herencia mendeliana y por la selección natural” (Meyer y El-Hani, 2005, p. 49), así como por el trabajo de naturalistas de campo, que mostraron cómo una serie de fenómenos naturales podrían ser apropiadamente explicados con base en la selección natural. Tuvo un papel fundamental en la construcción de la teoría sintética la presentación de los elementos teóricos de la genética de poblaciones y de los datos sobre variación genética de manera sistemática y accesible a todos los biólogos por Dobzhansky (1937). Algunos de los principios fundamentales de la síntesis evolutiva, conforme como fueron identificados por Futuyma, son los siguientes: (1) las poblaciones evolucionan por cambios en las frecuencias génicas resultantes de la deriva genética, del flujo génico, y especialmente, de la selección natural; (2) la mayor parte de las variantes genéticas adaptativas presentan pequeños efectos fenotípicos individuales, de tal modo que los cambios fenotípicos son graduales (Futuyma, 1993, p. 13).

de la forma orgánica; y (5) énfasis en la historia filogenética de los rasgos complejos.

Dentro de los ataques que ha enfrentado el adaptacionismo, aquel realizado por los evolucionistas Stephen Jay Gould y Richard Lewontin (1978) es usualmente considerado como el más feroz (Rose; Lauder, 1996; Meyer; El-Hani, 2005). La crítica de estos autores se organiza en torno a tres aspectos: (1) la incapacidad del programa adaptacionista de distinguir entre utilidad corriente y adaptación; (2) el hecho de que el programa abandona otros tipos de explicaciones biológicas a favor de las explicaciones adaptativas; y (3) el hecho de que el programa es infalsificable.

Con respecto al primer aspecto, los autores consideran que se hace necesario tener en cuenta las evidencias de que no toda característica funcional es una adaptación, pudiendo muchas de ellas ser consideradas sub-productos de la selección natural o como resultado del “reaprovechamiento” de dichas características en el proceso evolutivo. Por ejemplo, la hipótesis más aceptada actualmente para el origen de las plumas de las aves, es que ellas habrían aparecido para ejercer la función de aislante térmico, y después, habrían sido “aprovechadas” como auxiliares para el vuelo (Meyer y El-Hani, 2005, p. 72-73).

En contraposición al presupuesto adaptacionista, según el cual la existencia de todos los caracteres observados en el mundo vivo pueden ser explicados por la selección natural, Gould y Lewontin (1978) argumentan a favor de la importancia de contemplar otras posibles alternativas al razonamiento adaptacionista, por ejemplo, considerándose el papel que las restricciones históricas y del desarrollo pueden ejercer en la explicación de la permanencia de algunos rasgos, especialmente en el caso de aquellos conservados en grandes grupos de organismos filogenéticamente relacionados.

Otro problema metodológico de los análisis adaptacionistas anotado por Gould y Lewontin (1978) consiste en concebir los organismos como un mosaico de partes separadas, cada una de ellas con una explicación evolutiva independiente de su existencia. Los autores hacen hincapié en dos aspectos: la imposibilidad de definir con seguridad cuál parte del organismo debe ser tomada como un rasgo adaptativo que requiere una determinada historia evolutiva propia; y la imposibilidad de que una optimización de cualquier parte de un organismo no demande cambios en otras.

Gould y Lewontin (1978) argumentan que aunque las narrativas presentadas por el programa adaptacionista acerca del por qué un trazo fue seleccionado en el pasado evolutivo, a pesar de ser útiles para contraponer la idea común, según la cual la existencia de ciertos trazos conspicuos niega

la teoría de la selección natural, no constituye una explicación científica verificable, solo se trata de una indicación de cómo un trazo podría haber evolucionado.

Estas y otras consideraciones en relación a las imprecisiones empíricas y a los problemas metodológicos y epistemológicos del programa adaptacionista llevaron a algunos autores a preguntarse por la pertinencia del concepto de adaptación para la comprensión del darwinismo y de su papel en la organización de la investigación en biología (Krimbas, 1984; Levins; Lewontin, 1985; Godfrey-Smith, 1999).

Levins y Lewontin (1985, p. 76) argumentan que el concepto de adaptación, del modo como es utilizado por los adaptacionistas, se ha transformado “en un postulado metafísico, el cual no solo no puede ser refutado, ni confirmado, como debe ser necesariamente, por todas las observaciones”. Este modo de usar dicho concepto puede hacer que las teorías darwinistas acerca de la evolución no sean probables (Levins y Lewontin, 1985).

Godfrey-Smith (1999), con el fin de definir objetivamente sobre cuáles deberían ser las características de los organismos vivos, consideradas como fundamentales y merecedoras de un análisis adaptacionista, argumenta que conforme a lo postulado por el adaptacionismo no hay como justificar la prioridad dada al “problema del diseño”<sup>6</sup> en la investigación biológica. De este modo, la solución dada a esta cuestión a través del concepto darwinista de adaptación no presenta, en su visión, relevancia práctica para el trabajo de los biólogos por el papel que desempeñó en nuestra historia intelectual, generando y enfocando el interés exclusivamente a los filósofos.

Otros autores como Rose y Lauder (1996, p. 4), criticaron la actitud común entre los biólogos de las décadas de 1980 y 1990 por no confrontar el problema de la adaptación, utilizando el argumento de que se trataba de un “fenómeno biológico manifiestamente real”. Estos autores sugieren que la cuestión debe enfrentarse examinando si después de las críticas hechas al adaptacionismo, queda aún algo que el concepto de adaptación pueda informar a la investigación evolutiva.

El papel heurístico desempeñado por presupuestos adaptacionistas –tales como “¿cuál es la función que determinada estructura u órgano desempeña?”, “¿cómo la selección natural explica la existencia de determinada

---

6 Godfrey-Smith (1999) está refiriéndose a la cuestión del aparente ajuste de la organización estructural biológica a una función hipotética, considerada por él como una construcción, esto es, como problema de investigación de la teología natural del siglo XVII, que continúa, sin embargo, siendo entendida por el adaptacionismo explicativo como la principal misión intelectual de la teoría evolutiva.

característica u órgano?”— a lo largo de la historia de la ciencia, así como el papel que continúan desempeñando actualmente en la biología evolutiva y en varios campos de la biología, como la fisiología o la anatomía, ha sido reconocido por biólogos, filósofos de la biología y educadores (Mayr, 1988; Meyer; El-Hani, 2005). Hecho este reconocimiento de la generalización y persistencia de concepciones erróneas sobre el concepto de adaptación, en gran parte relacionadas con la connotación teleológica asumida antes de la teoría de la selección natural, Mayr (1988, p. 119) defiende la necesidad de reconsiderar el concepto de adaptación para que podamos refutar concepciones alternativas al darwinismo. Él destaca, sin embargo, que algunos filósofos y biólogos ya vienen emprendiendo esfuerzos en este sentido, destacando el trabajo de Sober (1993).

Nuestra defensa respecto a la importancia del concepto darwinista de adaptación en la enseñanza de las ciencias biológicas se ampara en dos argumentos con relación a los objetivos de la enseñanza de ciencias: (1) la defensa de un abordaje contextual de la enseñanza de ciencias, según la cual, la educación científica debe no solo enseñar contenidos científicos, sino que también debe inclinarse hacia la comprensión de la naturaleza de las ciencias (Matthews, 1994); y (2) la propuesta según la cual la comprensión de los conceptos, de las teorías y de los modelos científicos —y no las creencias en tales constructos— son el objetivo propio de la enseñanza de ciencias (Smith *et al.*, 1995; Cobern 1996, 2000; El-Hani; Bizzo, 2002; Smith; Siegel, 2004).

Según Freire Jr. (2002), el primer compromiso educativo que ha sido asumido por el abordaje contextual se refiere a que la educación debe introducir a los niños, jóvenes y adultos en las mejores tradiciones de sus culturas, por lo tanto significa decir que la educación científica debe tener como objetivo promover la comprensión. No solo de los contenidos de las disciplinas científicas, de su metodología y de sus premisas, sino también de las relaciones que se establecen, y que históricamente se establecieron entre cuestiones éticas, religiosas, culturales, económicas y políticas. Este argumento del abordaje contextual ganó aún mayor relevancia, cuando se amplió e integró a la agenda de la formación de la ciudadanía (Freire Jr., 2002). La preocupación es fortalecer instrumentos conceptuales mínimos para que el ciudadano común pueda comprender el papel de la ciencia como actividad humana en las sociedades contemporáneas, sus relaciones con la tecnología y sus implicaciones sociales y económicas.

Desde esta perspectiva de abordaje contextual, la enseñanza del concepto de adaptación evolutiva es enteramente defendible, dado el reconocido mérito histórico y filosófico que presenta, por el papel fundamental que

desempeñó en la constitución de una explicación científica y naturalista de los fenómenos naturales, al refutar los argumentos teístas acerca del *design* propuestos por la teología natural del siglo XVIII (Dawkins, 1986; Mayr, 1988; Sterelny; Griffiths, 1999). Así, cuando tratemos el concepto de adaptación, a partir del abordaje contextual de la enseñanza de las ciencias, estaremos contribuyendo en el perfeccionamiento de las ideas de los estudiantes sobre la naturaleza de la ciencia, dada la oportunidad de discutir en torno a las presuposiciones metafísicas y epistemológicas del discurso científico y su relación con los procesos de construcción y validación del conocimiento científico.

La necesidad de tal abordaje en la enseñanza del concepto de evolución aún es relevante, una vez que la controversia entre el argumento de la planificación divina y la explicación darwinista de las adaptaciones persiste hasta hoy, como consecuencia del creciente movimiento creacionista, argumento que figura entre uno de los principales factores que contribuyen al rechazo del estatuto científico y del poder explicativo de la selección natural (Smith *et. al.*, 1995). Este debate ha sido mal comprendido por la opinión pública, que en gran medida lo interpreta como una disputa en torno a una verdad absoluta, sin darse cuenta de que están en juego cuestiones relativas a la diversidad de formas de conocimiento que la humanidad ha desarrollado para conocer la realidad, fundamentados en diferentes presuposiciones acerca del universo y de cómo podemos conocerlo.

Además de su importancia para la formación intelectual y cultural del ciudadano, el concepto de adaptación como resultado de la selección natural tiene el poder de explicar fenómenos de evolución adaptativa de gran importancia para la humanidad, como la resistencia bacteriana a los antibióticos y de plagas agrícolas a insecticidas, o aún, las dificultades encontradas en el control de pandemias como el SIDA (ver Meyer; El-Hani, 2005). La comprensión de estos fenómenos a través del pensamiento evolutivo puede auxiliar a los ciudadanos para que tomen decisiones y adopten medidas personales adecuadas frente a estos desafíos, o, aún, que intervengan en políticas públicas, por ejemplo de salud, que podrán tener consecuencias directas para nuestra calidad de vida.

Aunque el pensamiento evolutivo no se restringe al darwinismo, ni este, por su parte, a la teoría de la selección natural, y aún con miras a las críticas a una visión estrictamente adaptacionista de la naturaleza, nosotros creemos que pocos biólogos y educadores dejarían de considerar la comprensión de la teoría de la selección natural como uno de los objetivos a ser alcanzados por la enseñanza de la biología.

Smith y Siegel (2004), al defender que el objetivo de la enseñanza de las ciencias debe ser el de promover la comprensión apropiada de los conceptos, de las teorías y de los modelos científicos, proponen cuatro criterios para la comprensión: conectividad, atribución de significado, aplicación y justificación. De acuerdo con estos criterios, la comprensión de una teoría científica implica que el alumno pueda: (1) identificar y relacionar los conceptos implícitos, de modo que pueda (2) atribuir significado a estos conceptos, con base en las interconexiones que establezca entre ellos; (3) ser capaz de aplicar la teoría en una variedad de situaciones, tanto académicas como no académicas; y (4) apreciar algunas de las razones que la justifican y la hacen la mejor explicación científica para un determinado fenómeno, con base en su consistencia empírica (y debe agregarse también, con base en su consistencia teórica, o sea, en la naturaleza de sus relaciones con otras teorías científicas ampliamente aceptadas en un determinado momento histórico).

Así, cuando argumentemos sobre el papel que el concepto de adaptación desempeña en la enseñanza del concepto de evolución, es importante que analicemos la relación entre este y la teoría de la selección natural. Frente a este aspecto, Levins y Lewontin (1985) argumentan que no hay referencia a la adaptación en los tres principios que consideran necesarios y suficientes para la evolución por selección natural: (1) el principio de la variación –hay variación en caracteres morfológicos, fisiológicos y comportamentales entre los miembros de una especie–; (2) el principio de la herencia –la variación es en parte hereditaria, de modo que la descendencia se asemeja a sus padres–; y (3) el principio de la aptitud (*fitness*) diferencial –variedades diferentes dejan un número diferente de hijos (crías), tanto en las generaciones inmediatas, como en las generaciones más remotas–.

De hecho, los principios anotados por Levins y Lewontin (1985) están de acuerdo con las observaciones e inferencias que estructuran la lógica de la teoría de la selección natural en la concepción de otros autores, como Mayr (1982), Ferrari y Chi (1998) y Meyer y El-Hani (2002).

Si aceptáramos el análisis de Levins y Lewontin (1985), podremos concluir que el abordaje del concepto de adaptación no es necesario para satisfacer los criterios de conectividad y atribución de sentido, considerados por Smith y Siegel (2004) como imprescindibles para la comprensión de una teoría científica, como lo es en este caso, la teoría de la selección natural. Sin embargo, por lo expuesto anteriormente, consideramos que la discusión en torno al concepto darwinista de adaptación en la enseñanza de biología es fundamental para que puedan ser alcanzados los otros dos criterios propuestos por Smith y Siegel (2004), como son aplicación y justificación. Un

análisis de casos de cambios evolutivos, para los cuales las explicaciones adaptativas sean apoyadas empíricamente –como la resistencia bacteriana a antibióticos o la evolución del camuflaje de insectos, por ejemplo– podrán proporcionar a los alumnos medios para aplicar el razonamiento de la selección natural, para explicar, de manera satisfactoria, fenómenos por ellos conocidos. Esto, de cierto modo, también les dará la posibilidad de evaluar el poder explicativo de la teoría de la selección natural. Fenómenos adaptativos, como por ejemplo la resistencia bacteriana a antibióticos ya mencionada, también suministran evidencias empíricas convincentes de la acción de la selección natural. Ahora, tenemos dos aspectos considerados por la comunidad científica para la aceptación de una teoría: su poder explicativo y su consistencia empírica.

Finalmente, al proponer el abordaje del concepto darwinista de adaptación en la enseñanza de la biología, es importante presentar claramente el modo como entendemos este concepto. En este punto, seguimos a Sober en su explicación de lo que es una adaptación: *A es una adaptación para la tarea T en la población P si y solamente si A se tornó prevalente en P porque hubo selección para A, siendo que la ventaja selectiva de A se debió al hecho de A haber ayudado en el desempeño de la tarea T* (Sober, 1993, p. 208).

Es así que se considera que esta forma de tratar el concepto de adaptación no incurre en la equivocación de la concepción adaptacionista de supervalorizar el poder causal y explicativo de la selección natural, al mismo tiempo que conserva el contenido explicativo del concepto darwinista o explica el origen histórico y la permanencia de características correctas –no de todas– en las poblaciones de organismos vivos a partir de una perspectiva naturalista.

### Obstáculos epistemológicos y ontológicos en la comprensión del concepto darwinista de adaptación

---

Datos empíricos, obtenidos a partir de las entrevistas realizadas a estudiantes brasileños correspondiente al nivel de básica secundaria y de los cuestionarios desarrollados por estudiantes que recién ingresan y aquellos en formación del curso de Licenciatura en Ciencias Biológicas de la Universidad Provincial de Feira de Santana (UEFS), fueron analizados a través de un diálogo con los resultados encontrados en la literatura sobre concepciones espontáneas acerca del concepto de evolución y referenciados en la historia y filosofía de la ciencia. De esta forma, fue posible reconocer compromisos epistemológicos y ontológicos sustentados por las interpretaciones de estos estudiantes, acerca del cambio evolutivo y los significados que atribuían al término “adaptación”. Analizando

dichos compromisos a la luz de la interpretación de adaptación presentada por Sober (1993), identificamos los siguientes obstáculos epistemológicos y ontológicos en la comprensión del concepto darwinista de adaptación: ausencia de explicación etiológica, finalismo, pensamiento esencialista, error categorial (confusión entre ontogenia y filogenia), supernaturalismo y reacción al discurso materialista de la ciencia y confusión semántica.

### ***Ausencia de explicación etiológica***

Encontramos entre las visiones de los estudiantes de la enseñanza superior y del nivel de educación básica secundaria, una tendencia a priorizar la descripción funcional de las características adaptativas, en lugar de explicaciones causales de naturaleza etiológica. Sin embargo, fue posible distinguir dos tipos característicos de concepciones sobre la adaptación que presentan esta tendencia, pero que están fundamentadas en compromisos epistemológicos distintos.

En un primer caso, el fenómeno de la adaptación es visto como algo dado –evidente– que obvia una propuesta que considere mecanismos causales para explicar su origen. En este caso, se explica el origen y existencia de las adaptaciones por los efectos adaptativos que ciertas estructuras o comportamientos exhiben, en relación con la capacidad del organismo para realizar sus actividades vitales. Este género de explicación fue muy común en las interpretaciones acerca del origen de la diversidad de las formas diferentes de mandíbulas y dientes entre los mamíferos. El texto que se presenta a continuación proporciona un ejemplo:

*Podemos concluir que la disposición y la forma de los dientes y la forma de la mandíbula están relacionadas con el tipo de alimentación de cada individuo. Los carnívoros tienen en su boca dientes adaptados para rasgar la carne de su presa, los herbívoros para arrancar las plantas del suelo (o de los árboles), mientras los omnívoros están adaptados para las dos acciones. Así las diferentes formas encontradas en los organismos son adaptaciones conectadas con las necesidades para alimentarse (LCB2)<sup>7</sup>.*

En el segundo caso, la génesis histórica no es considerada como un aspecto definitorio y distintivo del fenómeno de adaptación. Cualquier característica relacionada con el aumento de las oportunidades de supervivencia

7 Los códigos LCB<sub>2</sub> e LCB<sub>7</sub> hacen referencia a cuestionarios respondidos por alumnos que cursaban el segundo y el séptimo semestre del programa de Licenciatura en Ciencias Biológicas de la UEFS, y el código EM se refiere a entrevistas realizadas a estudiantes que cursaban segundo año del nivel de básica secundaria de una institución pública del municipio de Salvador-BA, Brasil.

y éxito reproductivo de los organismos que los presentan es considerada como una adaptación sin tener en cuenta su origen histórico.

Gran parte de los alumnos, del nivel universitario, a quienes se les preguntó acerca de si es posible decir que la apariencia del labelo<sup>8</sup> de una especie de orquídea que se asemeja a la hembra de una especie de avispa que la poliniza es una adaptación, justificaron su respuesta de forma afirmativa, haciendo referencia al aumento en el éxito reproductivo que tal característica proporcionaba a la orquídea; lo anterior, sin hacer referencia a la selección natural o a cualquier otro mecanismo implicado en el origen y permanencia de la característica en la población. Este fue el caso de la siguiente afirmación, que ejemplifica el énfasis dado por un estudiante al aumento de la aptitud como criterio para la definición de adaptación: “Adaptación es toda característica que favorece la reproducción (...) hace que los organismos que la poseen, están más equipados, favoreciendo mayor éxito reproductivo” (LCB<sub>2</sub>).

### **Finalismo**

Gran parte de los alumnos explica la existencia de las adaptaciones en términos del propósito que pretenden satisfacer. Se encontraron dos tendencias en estas interpretaciones. De una parte, se puede suponer de manera explícita la intervención de un agente externo dirigiendo el proceso evolutivo, similar al de un creador inteligente, como el presentado por la teología natural del siglo XVIII. Este es el caso, por ejemplo, de la interpretación del siguiente estudiante del nivel de básica secundaria, acerca del origen de la diversidad de formas de la mandíbula y de la disposición de los dientes en diferentes grupos de mamíferos:

*Tienen esta forma así, porque están en el crecimiento de ellos los dientes. Si él come estos bichos así [hábito carnívoro], por ejemplo, el gato tiene este tipo de dientes ya que están hechos para eso, viniendo de él. Así, como los del hombre y los de la oveja, tiene esta forma, porque es de ese modo los hizo por Dios mismo, para eso (EM).*

Un segundo tipo de interpretación teleológica de la adaptación ocurre en forma de una teleología inmanente, semejante a aquella concebida en el pensamiento aristotélico, fundamentada en la presuposición de un mundo ordenado, de modo que todo en él se encuentra dispuesto para asegurar un propósito en dirección al mejor estado posible (Ross [un 1923] 1995). Esa

8 El “labelo” ó Labellum (lábio) es una parte de la flor de las orquídeas, plantas pertenecientes a la familia de las Orchidaceae. Es un pétalo modificado, que se distingue claramente de otros pétalos y de los sépalos por su gran tamaño y su generalmente forma irregular (Tomado de: <http://es.wikipedia.org/wiki/Labelo>).

idea es enunciada, por ejemplo, en la explicación de un estudiante del nivel de básica secundaria, cuando se refiere al origen de la diversidad de picos de los pinzones de las islas Galápagos:

*Yo creo que el hecho de él ser diferente, él tenía que nacer diferente. Principalmente la diferencia del pico (...) porque es por donde él se alimenta, porque ya tiene los alimentos apropiados: las semillas. Por ejemplo, aquí él tiene que introducir el pico para quitar lo que tiene dentro. Si él naciera solo con este pico sería imposible. Entonces cada uno ya nace ajustado para un tipo de comida, con el tipo de raza, de especie (EM).*

### **Pensamiento esencialista**

Los biólogos de los siglos XVII y XVIII, partidarios o contrarios a la explicación evolucionista de la diversidad de la vida, compartían tanto un concepto tipológico de especie como un método para explicar la variabilidad en términos esencialistas. De acuerdo con Sober (1994), el esencialismo biológico debe satisfacer las siguientes proposiciones: (1) existen algunas propiedades que todos y cada uno de los miembros de una especie presentan; (2) existe una propiedad diagnóstica que cualquier organismo *posible* debe tener para ser miembro de una especie; (3) tales propiedades únicas compartidas por los miembros de una especie son implicatorias, en el sentido de que explican por qué los miembros de una determinada especie son lo que son. La esencia de la especie puede ser entendida como el mecanismo causal que actúa en cada miembro de la especie, haciéndolo el tipo de cosa que él es.

La teoría evolutiva minó tal estrategia explicativa, una vez que instituyó el cambio como regla. El gradualismo darwinista hace difícil o incluso imposibilita la demarcación entre tipos, implicando una idea de *continuum*: las especies son vistas como poblaciones de individuos con muchas diferencias genéticas, las cuales cambian de generación en generación, de modo que la frecuencia de atributos que podrían caracterizar una especie cambia con el tiempo, y un carácter que antes era recesivo puede pasar a ser dominante.

Como analiza Hull (2002, p. 119), la evolución como es descrita por el darwinismo, es un proceso en el cual características accidentales son transformadas en esenciales, y viceversa. En estos términos, no es posible caracterizar una especie del modo esencialista por una serie de características diagnósticas que los miembros de la especie poseen siempre y exclusivamente. Después de muchas generaciones, una especie puede sufrir transformaciones en su apariencia, en su comportamiento y en su constitución genética, pero aún pertenecer a la misma especie. Como argumentan Stere-

Iny y Griffiths (1999, p. 8), no se debe derivar la existencia de una esencia invariable del hecho de lograr reconocer muchas especies rápidamente. Las concepciones sobre la especie contemporánea están llegando al consenso de que estas son identificadas por sus historias (Sterelny; Griffiths, 1999).

La biología darwinista también incorporó una nueva concepción de variabilidad. Mientras en el pensamiento esencialista la variación es irrelevante, constituyéndose únicamente en “simples accidentes” o “degeneraciones” del tipo, para el darwinismo ella constituye uno de los más importantes aspectos de la vida, siendo una condición necesaria para la evolución. Esta nueva manera de entender la variación es parte fundamental del pensamiento poblacional introducido por el darwinismo. La transición del modo de pensar esencialista al modo poblacional es considerada por Mayr (1988) un paso revolucionario y fundamental para la constitución del pensamiento biológico.

La visión esencialista continuó influenciando el pensamiento de los naturalistas, aún después del *Origen de las Especies*; “en 1859, muchos autores persistían en concebir la selección natural como un proceso negativo, la eliminación del menos apto, y –por implicación– la restauración de la pureza del tipo” (Mayr, 1988, p. 99). Esta concepción del proceso de selección natural, que también está relacionada con el compromiso ontológico de concebir la adaptación como un proceso que lleva a la perfección, la observamos en alumnos de Biología del nivel de enseñanza superior:

*El aspecto negativo de la selección natural es importante para la conservación de la especie siempre en su cima de la adaptación, impidiendo así, la perpetuación de cambios que disminuyan la perfección de la adaptación al hábitat de la especie. Ya el aspecto positivo es un instrumento de transformación progresiva (LCB<sub>2</sub>).*

Aunque el esencialismo haya sido sustituido en la biología desde el siglo XIX, según Shtulman (2006), investigaciones en psicología cognitiva suministran evidencias de que tal esencialismo biológico está ampliamente presente en la forma como se interpreta el mundo vivo por individuos de todas las edades y de diferentes culturas. La permanencia de este tipo de pensamiento entre los estudiantes les impide comprender el papel de la variabilidad intrapoblacional presente en el proceso evolutivo, como elemento fundamental para la actuación de la selección natural. Él también hace que aun la evolución se conciba intuitivamente como un proceso, en el cual la esencia de la especie se transforma a lo largo del tiempo, a partir de la transformación individual de cada organismo, y no como un proceso poblacional, en el cuál son las poblaciones las que cambian a lo largo del tiempo, de acuerdo con la frecuencia de distribución de sus características.

Desde la perspectiva esencialista, la adaptación es típicamente interpretada como un ajuste individual espontáneo al ambiente, explicado por el desarrollo de un potencial innato de los miembros de la especie para ajustarse al medio, que correspondería a la realización de un movimiento natural. Eso es ilustrado por la siguiente explicación de un estudiante del nivel básico de secundaria cuando se refiere al camuflaje de insectos: “(...) se tienen varios insectos que cuando nacen de huevos, así, por ejemplo, en una planta, él cambia de color para no ser atractivo, para esconderse. [Las crías van] cambiando [la forma] de acuerdo con la naturaleza en que él está viviendo” (EM).

### ***Error categorial: ontogenia versus filogenia***

La literatura sobre concepciones alternativas acerca de conceptos de la biología evolutiva ha mostrado que los estudiantes confunden a menudo las adaptaciones evolutivas con las fisiológicas u ontogenéticas, que ocurren a lo largo del ciclo de vida de un individuo, como reacciones inmunes y tolerancia a las diferentes condiciones ambientales (Brumby, 1983; Bishop; Anderson, 1990).

En esta investigación encontramos resultados semejantes en estudiantes del nivel universitario, cuando se les preguntó si el proceso de oscurecimiento de la piel como consecuencia de la exposición al sol y la posesión de labelo modificado por una especie de orquídea, podrían ser considerados ambos indistintamente como adaptaciones. Aproximadamente un tercio de los estudiantes respondió que sí, con la justificación de que ambos consistían en mecanismos desarrollados por los organismos para aumentar sus oportunidades de supervivencia y protección: “Sí, ambos representan un ajuste o acoplamiento de los organismos a las adversidades a las cuales están expuestos” (LCB<sub>2</sub>).

Entre los estudiantes del nivel de la básica secundaria, adaptaciones evolutivas como los colores y formas camufladas de los insectos, fueron interpretadas como ajustes deliberados del organismo al ambiente en el que vive; de forma análoga, los cambios de color en el camaleón. Esto se observa en el siguiente ejemplo:

*El [“bicho-hoja”] usa este color para protegerse. Porque cualquier lugar en el que él esté, él se adapta al color. No como el camaleón, que cuando sale a un lugar, puede ser la pradera, en el desierto, en cualquier lugar, él queda con el mismo color, para protegerse de los predadores. (...) Queda más difícil ser visto por los ojos de gavilanes y por otros pájaros que intenten comérselo (EM).*

Lo anterior, se trata de un error categorial, una vez que son atribuidas las propiedades ontológicas de un tipo de proceso natural a otro. Para que visualicemos mejor cómo ocurre esto, podemos retomar la distinción hecha por Sober (1993) entre adaptación ontogenética y adaptación evolutiva. Uno de los aspectos fundamentales analizados por este autor, es el hecho según el cual la adaptación ontogenética es caracterizada por presentar claramente un agente y un beneficiario, estructurando ambos una misma entidad, el organismo. Cuando un organismo comienza a sudar, es él quien está adaptándose al calor. Más aun, la transpiración sirve para incrementar su propia perspectiva de supervivencia. No se puede decir lo mismo de la adaptación evolutiva. No hay propiamente un agente ni un beneficiario en los términos utilizados para describir la adaptación ontogenética. Los organismos no son agentes de la adaptación evolutiva: las mutaciones ciegas o no dirigidas ocurren en un proceso de selección multigeneracional, un rasgo pasa a prevalecer en la población, dando origen a adaptaciones evolutivas, pudiendo suceder que ningún organismo individual podría siquiera sobrevivir al inicio o al final del proceso. Puede ocurrir en ese caso adaptación evolutiva aún sin que ningún organismo sufra algún cambio.

Tal confusión puede estar fundada, por ejemplo, en la analogía entre desarrollo y evolución, la cual lleva al estudiante a transferir características ontológicas del proceso de desarrollo, como ser secuencialmente ordenado, dirigido a una meta específica y sucedido a lo largo del tiempo de vida de un organismo, y que se entiende como proceso evolutivo. En estos casos, se genera una confusión entre un proceso transformacional y el desarrollo, en el cual una única entidad pasa por una serie de prácticas secuenciales de transformación, con un proceso variacional, esto es la evolución biológica, en la cual una población de individuos cambia a lo largo del tiempo en su distribución de características.

Resultados obtenidos por el equipo de Biología del Programa Nacional del Libro Didáctico del nivel de básica secundaria (PNLEM), que analizó críticamente dieciocho libros de Biología publicados en Brasil, revelaron que un problema muy común en los materiales didácticos excluidos del programa (que, por esta razón, no podrán ser comprados por el gobierno brasileño para los estudiantes de las escuelas públicas) consistía en el uso indiscriminado de los términos 'desarrollo' y 'evolución' (Roca *et al.*, 2007). Esto contribuye a reforzar los obstáculos que precisamente los alumnos requieren transponer, para que las concepciones cotidianas se desplacen hacia las explicaciones científicas; en particular, el problema radica en la confusión existente entre dos procesos característicos, la evolución biológica y el desarrollo. Este problema puede ser ilustrado por los siguientes ejemplos: "En las abejas, por ejemplo, los óvulos no fecundados *evolucio-*

nan partenogénicamente en machos o zánganos...” (Morandini; Bellinello, 2005, p. 427. Grifo nuestro); “Se cree que los animales pluricelulares se desarrollaron a partir de antepasados unicelulares” (Cheida, 2005, p. 85. Grifo nuestro).

### ***Supernaturalismo y reacción al discurso naturalista de la ciencia***

Gran parte de los estudiantes presentan como eje organizador de su visión de mundo, la noción de que el mundo natural está relacionado, en términos causales, con lo sobrenatural. Así, frente a las dificultades en la comprensión de explicaciones naturalistas de la ciencia debido a aspectos que de antemano les parecen contra-intuitivos, los modelos científicos son fácilmente adheridos en favor de las explicaciones religiosas, sin que la plausibilidad del modelo científico explicativo sea analizada con mayor atención. En justificaciones dadas por estudiantes de enseñanza superior en torno al hecho de que no creyeran completamente en la teoría darwinista de la evolución, es posible percibir la tendencia anterior:

*Yo creo en un creador, ya que da mucha más lógica a la vida y su complejidad, que la teoría evolucionista. De una cierta manera, estas personas que creen [en la teoría evolucionista] también tendrán que tener “fe” para creer que esa complejidad tan grande surgió de una “nada simple” (LCB<sub>2</sub>).*

*Conuerdo con las explicaciones de la selección natural, mutaciones, etc., que el evolucionismo enseña, sin embargo, creo en una inteligencia superior guiando todos los procesos y no en el simple azar (LCB<sub>2</sub>).*

Es posible inferir que el argumento de estos alumnos está basado en la idea de que el origen y la evolución de la complejidad organizacional observada en los seres vivos, no pueden ser explicadas satisfactoriamente por la acción de procesos fortuitos, como supuestamente es propuesto por la teoría de la selección natural, siendo para ellos más plausible suponer la acción de un agente externo que coordina, de manera planeada e inteligente, la organización de los diferentes elementos y subsistemas en sistemas más complejos. Si así lo fuera, el argumento está fundamentado en una concepción equivocada de que la selección natural es un proceso totalmente contingente. Aunque la variación genética existente en una población, sobre la cual la selección natural opera, sea resultante de eventos que no son dirigidos ni por el ambiente ni por los organismos (mutaciones y recombinaciones genéticas), la supervivencia de los individuos en sus interacciones ecológicas, uno de los puntos centrales de la teoría de la selección natural, no es producto del azar (Meyer y El-Hani, 2000, p. 163).

En el caso de la primera cita, el aspecto contra-intuitivo de la teoría evolucionista parece estar también asociado a la ausencia de la idea de autoorganización. Entonces podríamos concluir que, una vez aclarado este carácter de la selección natural y el principio de la autoorganización, estos alumnos podrían aceptar la plausibilidad del modelo explicativo darwinista para la adaptación y diversificación de la vida. Sin embargo, esta es una hipótesis que necesita ser investigada mejor, una vez que conlleva un aspecto bastante controvertido, que viene ganando espacio en la literatura en enseñanza de ciencias a través de trabajos que discuten los papeles de la creencia, del conocimiento y de la comprensión como objetivos de la enseñanza de ciencias (Smith *et al.*, 1995; Alters, 1997; Cobern, 1996, 2004, Smith; Siegel, 2004). De este modo, se hace necesario desarrollar mejor las bases epistemológicas para la construcción de tal hipótesis y su comprobación empírica.

El hecho es que el conflicto entre aspectos de la visión de mundo de los alumnos y las presuposiciones metafísicas del discurso científico, ha sido frecuentemente citado como una de las dificultades a ser enfrentada y superada en la enseñanza del concepto de evolución (Bishop y Anderson, 1990; Smith *et al.*, 1995; Alters; Nelson, 2002). Este conflicto se acentúa cuando los estudiantes asumen la tesis de que el naturalismo y materialismo de la ciencia implican una negación del lugar de Dios en el mundo (Smith *et al.*, 1995).

### **Confusión semántica**

Algunos de los obstáculos analizados anteriormente pueden originarse o pueden ser reforzados por la dificultad que presentan los alumnos para identificar el significado de algunos términos en el contexto de las ciencias biológicas o, más específicamente, de la biología evolutiva, con respecto al significado que dichos términos tienen en el contexto cotidiano.

Un ejemplo típico de confusión semántica relacionada con la incompreensión de la teoría darwinista de la evolución es el desconocimiento del sentido atribuido al término “azar” en el vocabulario científico. Los estudiantes, al atribuir un significado cotidiano al término, acaban por concebirlo como ausencia de una determinación causal. Sin embargo, en el contexto del discurso científico, cuando se dice que algún fenómeno se dio al azar, no se está diciendo que no hubo un conjunto de causas determinando la ocurrencia del mismo, pero sí que esta causa, no es una causa necesaria. En la biología evolutiva, en particular, el término se refiere al hecho de que los eventos evolutivos ocurren de forma no dirigida, no predeterminada, pero la confusión con el significado cotidiano es tan perjudicial para la

comprensión de las teorías darwinistas de la evolución que Gould (2002) recomienda que no se use el término ‘azar’ para referirse a la variación.

Confusión semántica semejante puede presentarse en el propio medio académico, como sugiere el análisis de Gould y Lewontin (1978) acerca del uso del concepto de ‘adaptación’ en el campo de la Biología. Los autores señalan cómo uno de los problemas enfrentados por el concepto de adaptación, es el uso del término mismo para designar una variedad de fenómenos biológicos relativos al ajuste de los organismos al ambiente, pero que ocurren en tres niveles jerárquicos y por diferentes causas. Los autores lamentan el hecho de que “nuestro lenguaje” se haya enfocado solo al resultado común a procesos diversos y designado tres fenómenos diferentes de ‘adaptación’: la adaptación fisiológica, la adaptación cultural y la adaptación darwiniana (Gould y Lewontin, 1978, p. 84).

Gould y Lewontin destacan dos consecuencias de este hecho: (1) han sido opacadas las diferencias entre estos tres procesos –*plasticidad fenotípica*, que permite a los organismos moldear su forma a las circunstancias prevalentes a lo largo de la ontogenia; *herencia cultural*, decurrente del aprendizaje; y el *mecanismo darwinista* de selección de variedades genéticas, respectivamente. (2) Los evolucionistas frecuentemente no han distinguido estos tres niveles y han sido conducidos, equívocamente, a extender el proceso darwinista a los otros dos niveles. Gould y Lewontin (1978, p. 84) se refieren, por ejemplo, al “razonamiento confuso” presente en la sociobiología humana y al razonamiento adaptacionista que permite inferir la acción de la selección natural a partir de la existencia de un ajuste óptimo entre organismo y ambiente, como ejemplos de las consecuencias en la investigación en biología evolutiva.

Interpretando el anterior análisis de Gould y Lewontin (1978) a la luz de la relación hecha por Vygotsky (2001) entre la historia de la evolución del lenguaje y la ontogénesis de un concepto, podemos decir que la palabra ‘adaptación’, al ser usada para designar una serie de fenómenos que tienen en común solo la característica de representar ajustes de los organismos al medio, pero que difieren en relación a los procesos por los cuáles ocurren, no asume la función de formar o construir un concepto, tan solo se limita a la función de nombrar o de referir.

Este hecho puede explicar algunos de los resultados que obtuvimos con alumnos de nivel superior. Gran parte de los estudiantes que se encontraban en el segundo semestre del curso, usaban indistintamente el término ‘adaptación’ para fenómenos fisiológicos y evolutivos, sin saber distinguir con claridad los dos procesos. Algunos alumnos próximos a la finalización

del curso, por su parte, rechazaron la aplicación del término para designar una reconocida adaptación evolutiva: *la semejanza estructural de una especie de orquídea con el cuerpo de la hembra de una especie de avispa que la poliniza*, con las siguientes justificaciones:

*El término adaptación tiende a una acción direccionada. Mejor [denominarla de] una ventaja adaptativa en relación a algo (LCB7).*

*No. No creo que ella se adaptó para eso, apenas fueron seleccionadas aquellas que poseían esa característica, pues fueron mejor ocurridas (LCB7).*

*Pienso que no, ella puede haber surgido por azar (mutación). Y como esta característica fue benéfica y promovió mayor reproductividad a la especie, fue conservada al largo de los tiempos (LCB7).*

## Consideraciones finales

---

A partir de la identificación de los obstáculos discutidos anteriormente, sugerimos las siguientes directrices para la enseñanza de la evolución: (1) análisis causal y etiológico del fenómeno de la adaptación biológica; (2) estudio de conceptos de genética mendeliana y de genética de poblaciones que ayuden al desarrollo del pensamiento poblacional; (3) enfoque sobre el desarrollo histórico del darwinismo; (4) promoción de una mayor comprensión de la naturaleza de la ciencia; (5) preocupación por precisar el uso de términos que también son frecuentes en el lenguaje cotidiano y que se usan en el contexto del discurso científico.

La ausencia de un análisis causal y etiológico en las explicaciones de los alumnos en torno de los fenómenos adaptativos, ha sugerido que el primer paso para abordar el concepto darwinista de adaptación consiste en problematizar el propio fenómeno, partiendo de su descripción empírica en dirección de la necesidad de búsqueda de un mecanismo causal que explique su existencia. La expectativa es lograr así mostrar que características como formas y colores miméticos de algunos insectos o las sofisticadas plumas de las aves pueden dar respuestas a cuestionamientos no solo del tipo “¿cómo son?”, “¿cómo funcionan?”, sino también “¿cómo o de dónde se originaron?” o “¿por qué existen?”

En lo que concierne al compromiso con el esencialismo, Smith, Siegel y McInerney (1995, p. 40) llaman la atención con relación a la responsabilidad que le corresponde al propio currículo de Ciencias, que termina por reforzar el pensamiento tipológico, por ejemplo, al dar gran destaque a los

caracteres monogénéticos mendelianos, que no presentan variación cuantitativa, expresándose esto en tipos discretos. Ellos proponen que debe haber una mayor inversión en el abordaje de conceptos como expresividad variable, penetración incompleta, herencia poligenética, variación continua, pleiotropía y epistasia, los cuales propician mayores oportunidades para que los alumnos desarrollen lo que Mayr (1982) denominó pensamiento poblacional.

Consideramos que el abordaje histórico de la construcción del pensamiento evolutivo, realizado de modo que no sea anacrónico, presentándose el contexto cultural y tecnológico en que las diferentes teorías evolutivas fueron desarrolladas, podrá dilucidar en los estudiantes las contribuciones que las ideologías, las visiones de naturaleza y el conocimiento, así como los datos empíricos, tuvieron en la construcción de estas ideas. De esta forma, los alumnos probablemente podrán identificar los compromisos epistemológicos y ontológicos que las sustentan y, análogamente, reconocerán en su propia visión de mundo presuposiciones sobre la naturaleza y sobre cómo ella puede ser conocida, las cuales se encuentran en la base de concepciones alternativas y la estructura conceptual darwinista.

Una serie de estudios han demostrado que las dificultades que presentan los estudiantes del nivel de básica secundaria, de comprender la teoría de la selección natural y las razones que la justifican, haciendo que esta sea ampliamente aceptada por la comunidad académica, están fuertemente relacionadas con la presencia de concepciones erróneas acerca de la naturaleza de la ciencia (Rudolph; Stewart, 1998; Sinatra; Southerland; McConaughy; Desmastes, 2003; Dagher; Boujaoude, 2005). Por lo tanto proponemos que, permeando el análisis histórico de la construcción del pensamiento darwinista, se promueva una mejor comprensión de la naturaleza del conocimiento científico a través de cuestiones del tipo: “¿qué preguntas pretendía responder Darwin con su teoría?”; “¿qué reacciones presentó la comunidad de naturalistas contemporánea de Darwin en relación a sus ideas?”; “¿cuál fue la naturaleza del abordaje metodológico empleada por Darwin en la construcción de la teoría de la selección natural?”, “¿cuáles fueron los argumentos que él usó para responder las posibles objeciones su teoría?” etc.

Con relación a los posibles conflictos entre las creencias religiosas de los alumnos y la narrativa darwinista de la evolución de la vida, ha sido enfatizada, por autores como Cobern, Smith y Siegel (Cobern, 1994, 2000; Smith, 1994; Smith *et al.*, 1995; Smith y Siegel, 2002), la importancia de discutir las presuposiciones metafísicas de la ciencia y la relación con sus objetos de conocimiento, criterios epistemológicos y procedimientos metodológicos. Smith *et al.* (1995) sugieren que, al discutir estos aspectos, los profesores

deben aclarar que dada su naturaleza empírica, la ciencia es teológicamente neutra necesariamente, de modo que el pensamiento evolutivo no sostiene que Dios no existe, pero sí que el concepto de Dios no es pertinente al abordaje científico de los eventos naturales. En un artículo posterior, Smith y Siegel (2004) consideran válido que, al utilizar tal argumento acerca de la naturaleza empírica de la ciencia, el profesor explicita que el objetivo de la enseñanza no es hacer que los estudiantes rechacen sus creencias, pero sí que comprendan la naturaleza del conocimiento científico. De hecho, este modo de concebir los objetivos de la enseñanza de ciencias parece ser una condición necesaria para la construcción de una educación científica al mismo tiempo eficaz y sensible a la diversidad cultural.

## Referencias bibliográficas

---

- Alters, B. J. (1997). Should student belief of evolution be a goal. En: *Reports of the National Center for Science Education* (17), 15-16.
- Alters, B. J.; Nelson, C. E. (2002). Teaching evolution in higher education. En: *International Journal of Organic Evolution*, 56 (10), 1891-1901.
- Amundson, R. (1996). Historical development of the concept of adaptation. En: M. R. Rose y G. V. Lauder (Eds.). *Adaptation*. San Diego: Academic Press.
- Ayuso, E. y Banet, E. (1998). Relaciones genética-evolución en la educación secundaria. Concepciones de los alumnos y actividades de enseñanza en el marco del constructivismo. En: *Investigación e innovación en la enseñanza de las ciencias* (2), 43-53.
- Bishop, B. A. y Anderson, C. W. (1990). Student conception of natural selection and its role in evolution. En: *Journal of Research in Science Teaching*, 27 (5), 415-427.
- Bizzo, N. M. V. (1994). From down house landlord to Brazilian high school students: what has happened to evolutionary knowledge on the way. En: *Journal of Research in Science Teaching*, 31 (5), 517-556.
- Bock, W. J. y Wahlert, G. V. (1998). Adaptation and the form-function complex. En: C. Allen, M. Bekoff y G. Lauder. *Nature's purposes: Analyses of Function and design in Biology*. Massachusetts: Bradford Book.
- Bowler, P. J. (2003). *Evolution: The history of an Idea* (3°. Ed.). Berkley: University California Press.
- Brumby, M. N. (1984). Misconceptions about the concept of Natural Selection by Medical Biology students. En: *Science Education*, 68 (4), 493-503.

- Cheida, L. E. (2005). *Biología integrada*. São Paulo: FTD.
- Clough, E. E. y Wood-Robinson, C. (1985). How secondary students interpret instances of biological adaptation. En: *Journal of Biological Education*, 19 (2), 125-130.
- Cobern, W. W. (1994). Point: Belief, understanding and the teaching of Evolution. En: *Journal of Research in Science Teaching* (31), 583-590.
- \_\_\_\_\_ (1996). Worldview theory and conceptual change in science education. En: *Science Education* (80), 579-610.
- \_\_\_\_\_ (2000). The nature of science and the role of knowledge and belief. En: *Science & Education* (9), 219-246.
- \_\_\_\_\_ (2004). Apples and oranges: A rejoinder to Smith and Siegel. En: *Science & Education* (13), 583-589.
- Dagher, Z. R. y Boujaoude, S. (2005). Student's perceptions of the nature of evolutionary theory. En: *Science & Education*, 89, (3), 379-391.
- Darwin, Ch. (1985). *Origem das Espécies*. E. Amado (Trad.) São Paulo: Ed. da Universidade de São Paulo.
- Dawkins, R. (1986). *The blind watchmaker*. New York: Norton.
- Deadman, J. A. (1976). *The structure and development of concepts associated with the topic of Evolution in secondary school boys*. [PhD. Thesis] London: Chelsea College, London University.
- Deadman, J. A. y Kelly, P. J. (1978). What do secondary school boys understand about evolution and heredity before they are taught the topics? En: *Journal of Biological Education* (12), 7-15.
- Demastes, S. S.; Sttlage, J. y Good, R. (1995). Students' conceptions of Natural Selection and its role in Evolution: Cases of replication and comparison. En: *Journal of Research in Science Teaching*, 32 (5), 535-50.
- Dobzhansky, T. (1937). *Genetics and the Origen of species*. Nova Iorque: Columbia University Press.
- El-Hani, C. N. y Bizzo, N. (2002). Formas de construtivismo: mudança conceitual e construtivismo contextual. En: *Ensaio: Pesquisa em Educação em Ciências*, 4 (1), 1-25.
- Ferrari, M. y Chi, M. T. H. (1998). The nature of naïve explanations of natural selection. International. En: *Journal of Science Education*. 20 (10), 1231-1256.

- Freire Jr., O. A. (2002). Relevância da filosofia e da história das ciências para a formação dos professores de ciências. En: S. Filho (Ed.). *Epistemologia e ensino de ciências*. Salvador: Arcádia.
- Futuyma, D. (1992). *Biologia evolutiva*. Ribeirão Preto: SBG/CNPq.
- Godfrey-Smith, P. (1999). Adaptationism and the power of selection. En: *Biology and Philosophy* (14), 181-194.
- Gould, S. J. (2002). *The Structure of the Evolutionary Theory*. Cambridge-MA: Harvard University Press.
- Gould, S. J. y Lewontin, R. (1978). The spandrels of San Marco and the Panglossian paradigm: a critique of the adaptationism programmed. En: *Proceedings of the Royal Society of London* (205), 581-598.
- Hull, D. L. (2002). Recent philosophy of Biology: A review. En: *Act Biotheoretica* (50) 117-128.
- Krimbas, C. B. (1994). On adaptation, neo-darwinism tautology and population fitness. En: *Evolution Biology* (17) 1-57.
- Levins, R. y Lewontin, R. (1985). *The dialectical biologist*. Cambridge: Harvard University Press.
- Maynard Smith, J. (1969). The status of neo-darwinism. In Waddington, C. H. (Ed.). *Towards a Theoretical Biology*. Edinburgh: University Press.
- Mayr, E. (1982). *The growth of Biological thought. Diversity, evolution and inheritance*. Cambridge: The Belknap Press.
- \_\_\_\_\_ (1988). *Toward a new philosophy of Biology: Observations of an Evolutionist*. Cambridge: Harvard University Press.
- Meyer, D. y El-Hani, C. N. (2000). Evolução. En: C. N. El-Hani y A. A. P. Videira (Orgs.). *O que é vida afinal? Para entender a Biologia do século XXI*. Rio de Janeiro: Relume Dumará.
- \_\_\_\_\_ (2005). *Evolução: o sentido da Biologia*. São Paulo: Editora UNESP.
- Morandini, C. y Bellinello, L. C. (2005). *Biologia*. São Paulo: Atual.
- Mortimer, E. F. (1994). *Evolução do atomismo em sala de aula: mudança de perfis conceituais*. [Tese Doutorado em Educação]. São Paulo: Universidade de São Paulo, Faculdade de Educação.
- \_\_\_\_\_ (1995). Conceptual change or conceptual profile change? En: *Science & Education* (4) 267-285.

- \_\_\_\_\_ (2000). *Linguagem e Formação de Conceitos no Ensino de Ciências*. Belo Horizonte: Editora UFMG.
- Posner, G. J.; Strike, K. A.; Hewson, P. W. y Gerzog, W. A. (1982). Accommodation of a scientific conception. Toward a theory of conceptual change. En: *Science & Education*, 66 (2), 211-227.
- Rocha, P. L. B., Roque, N.; Vanzela, A. L. L.; et al. (2007). Brazilian high school biology textbooks: main conceptual problems in evolution and biological diversity. En: *Proceedings of the IOSTE International Meeting on Critical Analysis of School Science Textbooks*, pp. 893-907. Tunis: University of Tunis.
- Rose, M. R. y Lauder, G. V. (1996). Post-Spandrel Adaptationism. En: M. R. Rose y G. V. Lauder (Eds.). *Adaptation*. San Diego: Academic Press.
- Ross, D. (1995). *Aristotle* (6°. Ed.). London: Routledge.
- Rudolph, J. L. y Stewart, J. (1998). On the historical discord and its implications for Education. En: *Journal of Research in Science Education*, 35 (10), 1069-1089.
- Santos, S. (2002). *Evolução Biológica: ensino e aprendizagem no cotidiano de sala de aula*. São Paulo: Annablume: FAPESB.
- Shtulman, A. (2006). Qualitative differences between naïve and scientific theories of evolution. En: *Cognitive Psychology* (52), 170-194.
- Sinatra, G. M.; Southerland, S. A.; McConaughy y Demastes, J. W. (2003). Intentions and beliefs in students' understanding and acceptance of Biological evolution. En: *Journal of Research in Science Teaching*, 40 (5), 510-528.
- Smith, M. U. (1994). Counterpoint: belief, understanding, and the teaching of evolution. En: *Journal of Research in Science Teaching* (31), 591-597.
- Smith, M. U. y Siegel, H. (2004). Knowing, believing and understanding: What goals for science education? En: *Science & Education* (13), 553-582.
- Smith, M. U.; Siegel, H. y Mc. Inerney, J. D. (1995). Foundational issues in evolution education. En: *Science & Education* (4), 23-46.
- Sober, E. (1993). *The Nature of selection: evolutionary theory in philosophical focus*. Chicago: The University of Chicago Press.
- \_\_\_\_\_ (1994). *From a biological point of View: essays in Evolutionary Philosophy*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Sterelny, K. y Griffiths, P. E. (1999). *Sex and death: an introduction to Philosophy of Biology*. Chicago: The University Chicago Press.



# Análisis de la transposición didáctica del concepto de biodiversidad. Orientaciones para su enseñanza

*Gonzalo Bermúdez<sup>1</sup>*

*Ana Lía de Longhi<sup>2</sup>*

## Criterios para la selección del contenido “biodiversidad”

---

Dentro del marco curricular y social en que se encuentra la escuela hoy en Latinoamérica, la selección y organización de contenidos cobra fundamental importancia. Esta tarea requiere niveles de reflexión y de trabajo en equipo y el aporte desde diferentes perspectivas relacionadas, fundamentalmente, con la lógica de las disciplinas, la necesidad de una alfabetización científica y tecnológica, y la promoción de conductas y actitudes que contribuyan a una mejor calidad de vida.

Somos los profesores quienes tomamos decisiones respecto al currículo oficial, desde nuestro contexto de referencia que implica la realidad de nuestras aulas escolares. En el caso particular de los docentes de Biología, y en el marco de lo expresado anteriormente, se suma la necesidad de discutir el enfoque que guiará la selección, organización y desarrollo de las propuestas didácticas. Por ejemplo, numerosos docentes mencionan la necesidad de enseñar educación ambiental, aunque en sus clases los conceptos se trabajen solamente con un nivel declarativo o con visiones estáticas de la problemática analizada.

Para la Didáctica son tres los tipos de criterios que guían la selección y organización del contenido: los lógicos, los psicológicos y los sociales-culturales. Desde ellos se argumentan las decisiones sobre las nuevas ideas a construir y se delimita el ámbito del “conocimiento a enseñar”.

Para ello, recuperar la estructura lógica de la Biología implica tener en cuenta sus aspectos semánticos (hechos, conceptos, principios, modelos, teorías) y sintácticos (procesos, técnicas, metodologías). La finalidad de esta tarea es distinguir lo fundamental de lo accesorio, los conceptos estructurantes (Gagliardi, 1986) y los niveles de complejidad de los contenidos,

---

1 Cátedra de Didáctica Especial. Profesorado en Ciencias Biológicas. Universidad Nacional de Córdoba, Argentina.

2 Cátedra de Didáctica Especial. Profesorado en Ciencias Biológicas. Universidad Nacional de Córdoba, Argentina.

dándole un alcance particular a cada nivel del sistema y a cada perfil del alumno.

En tanto la graduación con la cual desarrollar una temática está guiada, fundamentalmente, por la posibilidad del alumno de comprender y construir un aprendizaje significativo, se requiere ir trabajando los prerrequisitos semánticos o sintácticos, las representaciones sociales y el contexto mental de referencia de los alumnos desde las actividades.

Los criterios de tipo social y cultural incluyen las problemáticas de la realidad institucional y de la comunidad, que bien pueden condicionar la enseñanza y/o el aprendizaje de los contenidos, tanto de los conceptos, como de los procesos y las actitudes.

Si aplicamos estos tres criterios al tema de biodiversidad –o diversidad biológica– nos encontraremos con la necesidad de considerar explícitamente en su tratamiento académico no solo los significados asociados al término, sino también las teorías desde donde lo explicamos. De otro modo, la selección de los contenidos no estaría considerando la totalidad de abordajes para su tratamiento.

Para concretar una adecuada transposición didáctica, es oportuno revisar tanto los conocimientos generados desde la comunidad de investigadores, como aquellos construidos por cualquier persona en el ámbito cotidiano. Por ello, primero explicaremos el proceso por el que un determinado conocimiento se transforma desde que se designa como ‘saber a enseñar’ hasta que se convierte en ‘conocimiento enseñado’. Luego analizaremos las características y contenidos del saber sabio y se propondrá su transposición, de acuerdo con los modelos representacionales de los alumnos que hemos recopilado en investigaciones y experiencias de innovaciones acerca de la temática.

## La transposición didáctica

---

Chevallard (1991), en su libro *La transposición didáctica*, explica cómo en Didáctica el tema del conocimiento se vuelve problemático. Para el autor, el funcionamiento didáctico del conocimiento es diferente del funcionamiento erudito debido a la existencia de dos regímenes de conocimiento en interacción que no pueden ser superpuestos. En el paso de uno a otro tipo tiene lugar lo que él llama ‘transposición’, que también ocurre entre el conocimiento a enseñar y el enseñado (ver Figura 1).

Este último debería mostrarse conforme a lo que se determina en la comunidad docente, contemplando las diferentes significaciones de los sujetos que participan de la situación didáctica y las características del saber de origen. Por ello, el conocimiento científico actúa como vigilante epistemológico del conocimiento objeto de enseñanza. Nos preguntamos entonces ¿cómo transformar el conocimiento científico de biodiversidad para ser enseñado? Para contribuir a la respuesta daremos algunos criterios para la selección de un enfoque adecuado.

Se tiene que considerar que el dominio del discurso y de las prácticas de los investigadores –por ejemplo, de los ecólogos– se expresa con un lenguaje técnico, guiado por la lógica del descubrimiento, por conjeturas, refutaciones y con referentes compartidos que les permiten entenderse a partir de términos de un lenguaje abstracto y elaborado. Dicho discurso se hace público en revistas especializadas y en libros de texto como manuales y enciclopedias. Es especialmente en estos últimos donde la lógica se reconstruye y donde se toman decisiones provocadas por la selección, secuenciación, organización y establecimiento de relaciones con otros contenidos que lo preceden o le siguen (De Longhi, 2000).

Se observa que en el discurso de los textos, como publicaciones de libros de Biología tanto para la escuela como para la formación docente, casi nunca se explicita la dinámica o el camino de idas y vueltas que transita el investigador al trabajar (tensiones, intereses, comunicación y evaluación entre pares, proyectos previos, etc.). Todo adquiere un orden de complejidad creciente, expresando el contexto de justificación generado desde la investigación científica; es decir, hechos, conceptos y teorías sin referencia al contexto de descubrimiento que se expresa en procesos de indagación. Más aun, en las planificaciones (conocimiento a ‘enseñar’) y en el desarrollo de las situaciones de clase (conocimiento ‘enseñado’) se retoman dichos textos, y el conocimiento científico es nuevamente seleccionado, organizado y reinterpretado. El problema se hace evidente cuando detrás de estos procesos hay una concepción del conocimiento científico como algo acabado y con validez universal.

Si tomamos conciencia sobre cómo se expresa el conocimiento en el discurso de la clase, en lo que docente y alumnos hablan, en los materiales que se utilizan, y además, reconstruimos la lógica que se arma al interactuar a partir de él con nuestros alumnos, podemos encontrar que a veces no se presentan las características de la lógica del conocimiento que queremos enseñar. Es decir, el “hacer Biología” (De Longhi, 1995) en nuestro caso, y particularmente, comprender el significado biológico y social de la biodiversidad.

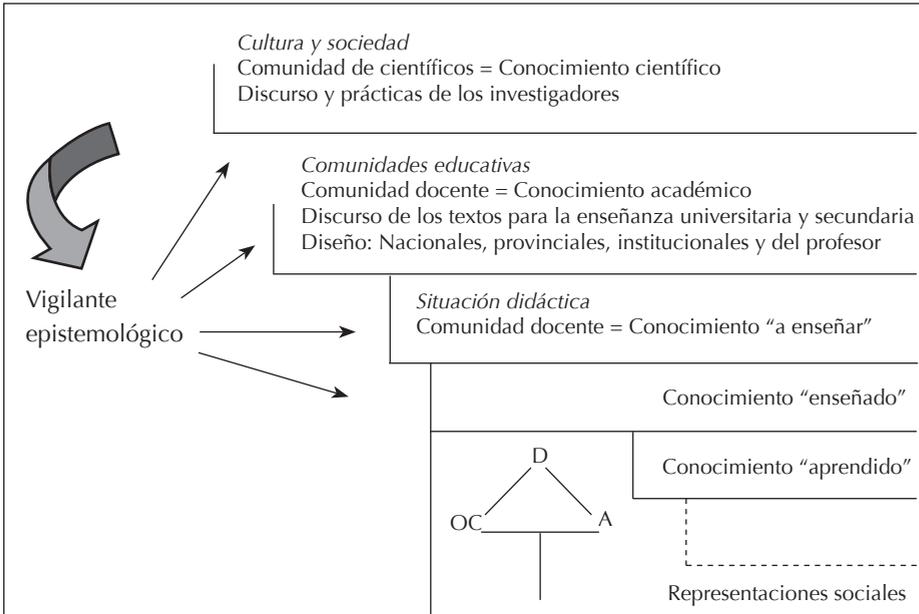


Figura 1. Transformación del conocimiento científico desde que se genera hasta el último nivel de concreción curricular (conocimiento aprendido). Modificado de De Longhi (2000)

Cuando en la clase el contenido circula, se negocia, se crean significados y el alumno hace su reconstrucción particular, la que no siempre permite recuperar el contexto de origen y sus características epistemológicas, como por ejemplo los procedimientos empleados, los hallazgos parciales, la comunicación interpersonal, las valoraciones, etc., de los investigadores. Al respecto, Duschl (1997: 28) señala que "el profesor capaz de tomar decisiones sobre el diseño curricular teniendo en cuenta los elementos del contexto de descubrimiento de la ciencia, tiene la posibilidad de proporcionar a los estudiantes una experiencia de aprendizaje significativo de las ciencias".

Si buscáramos qué cuestionamientos responder desde una propuesta de enseñanza para la Biodiversidad, podríamos identificar diferentes preguntas con variados niveles de complejidad, siempre basados en la idea de un enfoque ambiental que ve a su objeto como a un sistema total que incluye tanto lo natural, como lo cultural y lo perceptivo. A pesar de reconocer la naturaleza interdisciplinaria del enfoque, trabajaremos en este capítulo, prioritariamente, los aspectos biológicos.

Un abordaje inicial en el marco de la Biología, puede consistir en identificar ¿qué hay en el medio?, ¿cuál es la biodiversidad existente? y ¿cuáles son las variedades y las semejanzas? Detrás de estas preguntas puede haber una

visión simplemente descriptiva que fomente enfoques taxonómicos e informativos de la enseñanza de la Biología o una discusión más profunda sobre la idea de los niveles de organización en los que se expresa y se sustenta la biodiversidad, y el peligro de perderla.

Un análisis curricular más avanzado que el anterior buscará dar respuesta a preguntas como ¿cuáles son los patrones estructurales, funcionales o comportamentales de la variedad?, ¿cómo ocurren las interrelaciones e interdependencias entre los elementos de una determinada biodiversidad? Encontrar los patrones puede ayudarnos a identificar cómo vemos las cosas, con qué criterios las agrupamos y cuáles son las teorías de referencia. No obstante, podría seguir siendo un enfoque estático debido a que se trabaja sobre las dinámicas en los sistemas pero no con sus cambios.

Para resolver la ausencia anterior es necesario agregar al análisis la dimensión temporal y preguntarnos, por ejemplo, ¿cómo van cambiando esas interrelaciones y biodiversidad en el tiempo? y ¿qué valor toma lo que se pierde y lo que se conserva? A su vez, podríamos ir más allá para ver el sentido de lo que sobrevivió y cuestionarnos ¿cómo evolucionó y qué se adaptó? Este análisis ecológico y ambiental es más completo y pertinente para el currículo escolar. No obstante, como decíamos anteriormente, deberíamos dar elementos desde la enseñanza de la Biología para proyectar el futuro, principalmente, desde la intervención del hombre en los sistemas. Surgen así más preguntas, como ¿hacia dónde se dirige el sistema?, ¿qué perturbaciones se pueden generar?, ¿cómo incide el hombre con su actuación?, ¿qué decisiones debemos tomar?, ¿de qué manera promueve la educación esta revisión?, etc. De este modo esta secuencia transita desde lo que el alumno conoce hasta las decisiones que debería tomar, involucrándose con el problema, sintiéndose parte del mismo.

Las decisiones didácticas referidas principalmente a la selección de contenidos, proponen una transposición particular para el conocimiento científico de biodiversidad. Ante esta situación, un docente puede actuar de dos maneras distintas, y un tanto opuestas, para transformar un determinado conocimiento científico en “conocimiento a ser enseñado”.

Según Joshua y Dupin (1993) ocurre una transposición analítica cuando el docente de-sintetiza la teoría de referencia, selecciona conceptos y experiencias, y arma un conjunto de lecciones que se presentan en un cierto orden. El alumno, por su lado, es quien debe integrarlas para comprender la teoría. Esta actividad cognitiva no necesariamente ocurre junto con el tiempo de enseñanza, debido a que, muchas veces, los alumnos no reciben ninguna guía desde la enseñanza, ni tampoco recuperan sus teorías implí-

citas. En este tipo de transposición subyace la hipótesis de que se pueden distinguir los conceptos básicos implicados en una teoría o modelo y que, una vez aprendidos por separado, el estudiante podrá construir el modelo del experto –aunque sea una visión simplificada del mismo–.

Uno de los problemas radica en que el alumno puede no contar con el modelo de referencia que tiene el docente. Como consecuencia, los significados que construye suelen ser incompletos y con un nivel de comprensión superficial. Para el caso de la enseñanza de la biodiversidad es frecuente encontrar clases donde se explica el concepto y luego se estudian los grupos taxonómicos de acuerdo con algún criterio, evaluando, por ejemplo, la expresión declarativa de conceptos y relaciones. De esta manera, las teorías implícitas de los alumnos no forman parte de la construcción didáctica del conocimiento.

En oposición a la anterior, los mismos autores denominan transposición holística a aquella donde el docente arma sus clases como un sistema de referencia (experiencias paradigmáticas, variables, conceptos, relaciones entre conceptos, etc.) que recuperan los modelos y teorías implícitas de los alumnos, formados en relación a su campo experiencial, para que luego vayan cambiando, teniendo como objetivo las teorías científicas. En este caso, el modelo de referencia es tanto el de las ciencias como el que tiene el alumno desde sus representaciones. La hipótesis que subyace considera que el conocimiento evoluciona a partir de una teoría y las experiencias que lo explican. Así, la definición del nuevo concepto no es el punto de partida sino la llegada por aproximaciones sucesivas.

De acuerdo con esta última perspectiva, vemos la necesidad de trabajar adecuadamente en la selección de contenidos y situaciones de actividad que permitan ir avanzando en los niveles de complejidad del concepto de biodiversidad, recuperando las ideas previas, concepciones y representaciones de los alumnos para, desde allí, re significar el ‘saber sabio’.

¿Cuál es el saber sabio?

---

### ***La diversidad biológica: origen y significados***

La palabra biodiversidad fue utilizada originalmente en el debate político (Ghilarov, 1996), pero luego los científicos adoptaron rápidamente este término para encontrar tanto justificaciones dentro de sus disciplinas –como la sistemática– como para guiar fondos a éstas.

Por ejemplo, a principios de los 80, Lovejoy (1980) empleó el término diversidad para describir lo que presumiblemente era la riqueza de especies, mientras que Norse y McManus (1980) lo usaron para describir un concepto que incluía tanto la diversidad ecológica como el componente genético. Más tarde, fueron Norse y otros (1986) quienes propusieron el término de biodiversidad para referirse a tres niveles de expresión: el genético (intraespecífico), de especies (número de especies) y ecológico (de comunidades). Según lo señala Solbrig (1991), la integración de estos niveles en el concepto de biodiversidad fue rápidamente aceptada, llegando a ser conocida como la trilogía de la biodiversidad (Di Castri y Younes, 1996).

En la actualidad encontramos diversas definiciones de la diversidad biológica. Quizá la más difundida en el ámbito político y los medios de comunicación sea la expresada por la Convención sobre la Diversidad Biológica (2001), que ha servido de marco general para otros documentos relacionados con la biodiversidad, y que la define como aquella constituida por todos los organismos terrestres y acuáticos –incluyendo los animales, las plantas y los microbios– a todas las escalas; es decir, desde la diversidad genética dentro de las poblaciones, a la diversidad de especies, así como a la diversidad de comunidades a lo largo de los paisajes.

Por otro lado, si nos remitimos a los trabajos de investigación en distintas ramas de la Ecología, encontramos un acuerdo general en el que la diversidad incluye tanto el número como la composición de genotipos, especies, tipos funcionales y unidades de paisaje dados en un sistema (Díaz y Cabido, 2001; Díaz, 2001a). Los últimos trabajos del área, por ejemplo el de Díaz y otros (2006), mantienen estas escalas de aplicación –que van desde el micro al macrocosmos– y especifican aún más los atributos de la biodiversidad, agregando al número y composición antes mencionados la abundancia, las interacciones y la distribución espacial de los genotipos, las poblaciones, etc.

A pesar de lo abarcadoras y complejas de estas definiciones, la biodiversidad es a menudo entendida solo como la riqueza de especies; es decir, solo como el número de especies presentes en un área (Hamilton, 2005; Heywood, 1998). En consecuencia, otros de sus componentes, incluso con mayor importancia, han sido desestimados. Pensemos que a menudo, cuando se habla de la pérdida de la diversidad biológica, solo se mencionan las tasas de extinción de especies (Chapin III *et al.*, 2000), sin que se haga mención siquiera a los otros componentes del concepto o a la falta de conocimiento de lo que ocurre con éstos.

En la literatura, la diversidad funcional está emergiendo como un aspecto de crucial importancia en la determinación de los procesos ecosistémicos y servicios que obtenemos de ellos (Hooper *et al.*, 2002; Petchey y Gaston, 2006; Díaz *et al.*, 2006). De hecho, hay un consenso creciente, según el cual los efectos de la biodiversidad sobre los procesos ecosistémicos deberían ser atribuidos a los caracteres funcionales –valor y rango– de las especies individuales y a sus interacciones –cómo compiten directa o indirectamente, etc.– más que el número de especies *per se* (Chapin *et al.*, 2000; Grime, 1997; Díaz, 2001a, b). Estas características de los organismos, que son relevantes por su respuesta o efectos sobre el ecosistema y su funcionamiento –como el tamaño de la semilla y el modo de dispersión, la altura y estructura del follaje, etc. (Díaz y Cabido, 1997) –, permiten agrupar a los seres vivos en clasificaciones flexibles con significado ecológico llamadas tipos funcionales (Lavorel *et al.*, 1997; Díaz *et al.*, 2002), que varían de acuerdo con la escala de análisis y los objetivos de investigación. En este contexto, la diversidad funcional (Tilman, 2001) refiere al valor (presencia y abundancia relativa de rasgos como tamaño de la hoja, contenido de nitrógeno, modo de dispersión de las semillas, etc.) y rango (diferencia entre los valores extremos) de las características funcionales de los organismos de un ecosistema (Díaz y Cabido, 2001).

Dos conceptos derivados resultan de interés a los fines de la conservación. Por un lado, cuando hay más de una especie realizando el mismo trabajo –que pertenecen al mismo tipo funcional– se dice que existe redundancia funcional (Walker *et al.*, 1999) debido a que el proceso ecosistémico involucrado no se ve afectado de una forma significativa al ser desempeñado por las especies que aún están presentes. En este sentido, la redundancia no tendría una connotación negativa relacionada con la superfluidad o repetitividad (Gitay *et al.*, 1996), sino como una póliza de seguros contra la pérdida de funciones ecosistémicas tras algún evento que pueda provocar la desaparición de las especies (Díaz y Cabido, 2001; Díaz, 2001b).

Por otro lado, y fuertemente relacionado con el concepto anterior, la hipótesis de seguros remarca el hecho de que cuanto mayor sea la variación en las respuestas entre las especies de una comunidad, menor resulta la riqueza requerida para amortiguar un ecosistema. De este modo, cuando aumenta la riqueza funcional se incrementan las probabilidades de que al menos alguna especie responda de manera diferencial a las condiciones variables y a las perturbaciones (Díaz y Cabido, 2001).

Al respecto, Ernst *et al.* (2006) han demostrado recientemente que, para comunidades de anfibios tropicales, el impacto de los disturbios ambientales no se ve reflejado en la riqueza de especies ni en los índices de diver-

sidad de especies –medidas generalmente usadas en estudios ecológicos para representar la biodiversidad–. Sin embargo, la diversidad funcional era significativamente más alta en un área prístina que en una perturbada. En este sentido, los autores concluyen que las medidas de la biodiversidad usadas comúnmente por los ecólogos no necesariamente reflejan de manera adecuada la pérdida real de la diversidad provocada por los disturbios antrópicos.

## La importancia de la conservación de la biodiversidad

---

La biodiversidad y sus relaciones con las propiedades ecosistémicas tienen valores culturales, intelectuales, estéticos y espirituales que son importantes para la sociedad. Actualmente, el significado y relevancia de la biodiversidad no están en duda. Se han desarrollado una gran cantidad de parámetros para medirla como un indicador del estado de los sistemas ecológicos, con aplicabilidad práctica para fines de conservación, manejo y monitoreo ambiental (Spellerberg, 1991).

Este renovado interés procede, indudablemente, de la promoción del término en el contexto de los problemas de conservación (Hamilton, 2005). La diversidad jugaría en la Ecología un papel parecido al de la ‘entropía negativa’ en termodinámica o al de la ‘información’ en la teoría de la información y la comunicación, es decir, el de un parámetro indicador del grado de complejidad u organización de un sistema (Terradas, 2001). Su relevancia radica en que las condiciones, procesos y funciones que caracterizan a los ecosistemas naturales, en los cuales la biodiversidad es fundamental, son esenciales para el ser humano ya que proporcionan una serie de servicios ambientales de los que depende la sociedad (Constaza *et al.*, 1997; Pimentel *et al.*, 1997; Chapin III *et al.*, 2000; Díaz *et al.*, 2006). Al respecto, Díaz (2001a) afirma que hasta la primera parte de la década de los 80, los estudios de la relación entre la diversidad y el funcionamiento ecosistémico hicieron hincapié en el impacto de los procesos sobre la misma; pero que, más recientemente, la cuestión ha sido revertida, atentos a una nueva concepción de la biodiversidad, poniendo énfasis sobre todo en cómo la diversidad influye en el funcionamiento del ecosistema. En este sentido, se comprende que todos los componentes de la biodiversidad, desde la diversidad genética a la distribución espacial de las unidades de paisaje, puedan jugar un rol importante en la provisión a largo plazo de al menos algunos servicios ecosistémicos.

A modo de ejemplo, los servicios más relevantes provistos por la biodiversidad son: (a) servicios de soporte –aquellos que mantienen las condiciones

de habitabilidad de la superficie terrestre como la formación y retención del suelo, el ciclo de nutrientes, la polinización y la dispersión de semillas, la producción de biomasa vegetal, etc.–; (b) servicios de regulación –regulación de procesos ecosistémicos como el clima a través del secuestro de carbono, de los ciclos biogeoquímicos, de erosión, detoxificación, protección contra amenazas naturales como las inundaciones, los incendios, las enfermedades (control biológico), etc.–; (c) servicios de aprovisionamiento –productos obtenidos de los ecosistemas como la comida, maderas, fibras, medicinas, recursos genéticos, minerales y agua potable–; y (d) servicios culturales –valores espirituales y religiosos, educativos, estéticos, recreativos, simbólicos, cognitivos, etc.– (Díaz *et al.*, 2006; Secretariat of the Convention on Biological Diversity, 2003).

Una de las consecuencias más serias de la pérdida de la biodiversidad resulta evidente cuando pensamos en la forma en que las distintas sociedades y grupos acceden a estos servicios ecosistémicos. Las personas que dependen más directamente en ellos, como los agricultores de subsistencia y los productores rurales tradicionales, se enfrentan a las más importantes e inmediatas consecuencias de la pérdida de la biodiversidad. En definitiva, la desaparición de los servicios ecosistémicos dependientes de la biodiversidad acentuará probablemente la inequidad y la marginación de los sectores más vulnerables de la sociedad debido a un menor acceso a los materiales básicos para una vida saludable, la libertad de decisión y de acción (Díaz *et al.*, 2006).

Como acción global de las naciones contra la pérdida de la biodiversidad, la Convención sobre la Diversidad Biológica (CDB) firmada en la Cumbre de las Naciones Unidas sobre Medio Ambiente y Desarrollo celebrada en Río de Janeiro en 1992, conocida como “Cumbre de la Tierra”, dedicada a la promoción del desarrollo sustentable, establece tres objetivos principales: la conservación de la diversidad biológica, el uso sustentable de sus componentes, y la distribución justa y equitativa de los beneficios del uso de los recursos genéticos (CBD, 2001-2005). El Convenio contiene metas de gran alcance y aborda la cuestión fundamental del futuro de la humanidad, por lo que constituye un hito en el derecho internacional. Reconoce, por primera vez, que la conservación de la diversidad biológica es una preocupación común para la humanidad y forma parte del proceso de desarrollo. En este contexto, el artículo 13 hace referencia a la necesidad de incrementar el conocimiento general del significado de la biodiversidad a través de la educación formal e informal. Sin embargo, somos conscientes de que esta no resulta una tarea sencilla.

## ¿Qué dicen los textos acerca de la biodiversidad?

---

En primer lugar, analizaremos expresiones sobre diversidad y biodiversidad que manifiestan los científicos de distintas partes del mundo y en diferentes textos (artículos, ensayos y enciclopedias) destinadas a integrantes de la misma comunidad. En el Cuadro 1 se destacan las expresiones más importantes de acuerdo con la fuente de la que fueron extraídas. En el mismo podemos ver cómo se utiliza un lenguaje preciso y riguroso para referirse a la diversidad biológica o biodiversidad, definiéndola de manera acabada en casi todos sus componentes jerárquicos. Es decir, siempre está presente la trilogía de la diversidad, manifiesta en las escalas genética y poblacional, la específica y la comunitaria-ecosistémica. Sin embargo, hemos encontrado algunos ejemplos en los que no se explicitan las unidades de paisaje o los grupos funcionales. Al respecto, Petchey y Gaston (2006) señalan que, en 2005, más del 50% de los artículos que mencionaron la diversidad funcional en el título, resumen o palabras clave, fallaron en definirla o en citar un trabajo que lo haga, dejando un espacio libre a una interpretación intuitiva de su significado.

Por otro lado, no han aparecido términos ambiguos que puedan dar a entender una sinonimia entre la diversidad de especies –como la diversidad expresada en ese nivel– o la riqueza y la diversidad biológica en sentido amplio.

---

*Artículos,  
ensayos y  
enciclopedias,  
etc.*

### *Conceptos expresados*

---

Artículo científico de revisión ("review",  
del vocablo inglés)

La **diversidad** en todos los niveles de organización, desde la diversidad genética dentro de las poblaciones a la diversidad de ecosistemas en los paisajes, contribuye a la biodiversidad global. Aquí nos enfocamos en la **diversidad de especies**, porque las causas, patrones y consecuencias de los cambios en la diversidad a este nivel están relativamente bien documentados. La diversidad de especies tiene consecuencias funcionales por el número y tipos de especies presentes determinan las características de los organismos que influyen en los procesos ecosistémicos<sup>1</sup>.

---

Existe actualmente un consenso general en el que la **diversidad** (un sinónimo de la biodiversidad y diversidad biológica) incluye tanto el número como la composición de genotipos, especies, tipos funcionales y unidades de paisaje en un sistema dado. Sin embargo, la diversidad es igualada a la riqueza de especies, por lo que otros componentes de la diversidad han sido frecuentemente subestimados.

**Riqueza de especies:** es el número de especies diferentes en un sistema dado<sup>2</sup>.

---

Artículos,  
ensayos y  
enciclopedias,  
etc.

### Conceptos expresados

Artículo científico de  
investigación

La **riqueza de especies** ha sido la medida más frecuente de diversidad en experimentos de funcionamiento ecosistémico-biodiversidad. (...)

Nuestros resultados ilustran que las medidas simples de la **diversidad**, tales como la riqueza de especies o la diversidad de especies pueden no reflejar adecuadamente la dimensión real de la pérdida de la biodiversidad luego de un disturbio antrópico. En el caso de las comunidades de anuros del oeste, la riqueza de especies fue idéntica tanto en una comunidad selvática primaria como en una explotada. Sin embargo, la **diversidad funcional** difirió significativamente<sup>3</sup>.

Ensayo, perspectivas

La **biodiversidad** en el sentido amplio consiste en el número, abundancia, composición, distribución espacial e interacciones de genotipos, poblaciones, especies, tipos y caracteres funcionales, y unidades de paisajes dadas en un sistema dado<sup>4</sup>.

Vale la pena notar que desde el mismo comienzo, el uso de '**biodiversidad**' estuvo relacionado con la política y tecnología ambiental más que con la ciencia misma. (...)

Ciertamente, debemos hacer lo mejor que podamos para defender todas las formas de vida, incluyendo la diversidad genética de las poblaciones, la diversidad de poblaciones y especies, además de la diversidad de comunidades y paisajes<sup>5</sup>.

Reporte Técnico

La **diversidad biológica** incluye todas las plantas, animales, microorganismos, los ecosistemas de los cuales forman parte, y la diversidad dentro de las especies, entre las especies, y de ecosistemas<sup>6,7</sup>.

La **diversidad funcional** describe la variedad de funciones ecológicas de las especies o grupos de especies en un ecosistema. Es un descriptor de la biodiversidad que provee una vía alternativa de entendimiento de la diversidad biológica, y los efectos de los disturbios causados por las actividades antrópicas, incluyendo el cambio climático<sup>6</sup> (p. 1).

Como señala la revisión bibliográfica, han aparecido numerosas definiciones [de la **biodiversidad**] en las últimas tres décadas. En general, sin embargo, las definiciones técnicas/científicas varían y, como resultado, pueden causar confusión entre la comunidad de científicos, los administradores y el público. Esta falta de consistencia interna sobre los significados de la biodiversidad puede resultar en un énfasis exacerbado en las especies animales y vegetales con valores y deseos de preservación por parte de la sociedad, por razones subjetivas que se anteponen al rol que estas especies pueden jugar en un sistema ecológico<sup>8</sup> (p.41-42).

[La **biodiversidad** es] La variedad y abundancia de todas las formas de vida de un lugar –plantas, animales y otros organismos vivos– y los procesos, funciones, y estructuras que sostienen la variedad y permiten que se adapte a las circunstancias cambiantes<sup>9</sup>.

La **biodiversidad** refiere al número y abundancia relativa de especies, y también al rango de caracteres presentes en un sistema dado<sup>10</sup>.

**Biodiversidad:** número y composición de especies, tipos funcionales, y/o unidades de paisaje presentes en un sistema dado<sup>11</sup>.

## Referencias

1. Chapin, F. S. III; Zavaleta, E. S.; Eviner, V. T.; Taylor, R. L.; Vitousek, P. M.; Reynolds, H. L.; Hooper, D. U.; Lavorel, S.; Sala, O. E.; Hobbie, S. E.; Mack, M. C. y Díaz, S. (2000). Consequences of changing biodiversity. En: *Nature* (405), 234-242.
2. Díaz, S. y Cabido, M. (2001). Vive la différence: plant functional diversity matters to ecosystem processes. En: *Trends in Ecology & Evolution*, 16(11), 646-655.
3. Ernst, R.; Linsenmair, E. y Rödel, M. O. (2006). Diversity erosion beyond the species level: dramatic loss of functional diversity after selective logging in two tropical amphibian communities. En: *Biological Conservation* (133), 143-155.
4. Díaz, S; Fargione, J.; Chapin III, F. S. y Tilman, D. (2007). Biodiversity loss threatens human well-being. En: *PLOS Biology* 4 (8), 277. DOI: 10.1371/journal.pbio.0040277
5. Ghilarov, A. (1996). What does 'biodiversity' mean: scientific problem or convenient myth? En: *Trends in Ecology & Evolution*, 11 (7), 304-306.
6. Secretariat of the Convention on Biological Diversity (2003). *Interlinkages between biological diversity and climate change. Advice on the integration of biodiversity considerations into the implementation of the United Nations Framework Convention on Climate Change and its Kyoto protocol*. Montreal: SCBD (CBD Technical Series no. 10).
7. The International Convention on Biological Diversity (2003). *Convention on Biological Diversity*. Article 2: Use of Terms. Disponible en: <http://www.biodiv.org/convention/>
8. National Commission on Science and Sustainable Forestry (2005). *An assessment of public knowledge, values and attitudes toward biodiversity and sustainable forestry*. Washington D.C.
9. National Commission on Science for Sustainable Forestry (2005). *Science, Biodiversity and Sustainable Forestry: A Findings Report of the National Commission on Science for Sustainable Forestry (NCSSF)*. Washington, D.C.
10. Díaz, S. (2001). Does biodiversity matter to terrestrial ecosystem processes and services? En: Steffen, W., Jäger, J., Cason, D. y Bradshaw, C. (Eds.). *Challenges of a changing Earth: Proceedings of the Global Change Open Science Conference* (pp. 165-167). Amsterdam: Springer.
11. | Díaz, S. (2001). Ecosystem function, measurement, terrestrial communities. En: S. Levin (Ed.). *Encyclopedia of Biodiversity* (v. 2), 321-344. San Diego: Academic Press.

**Cuadro 1.** Expresiones textuales referidas a la diversidad biológica presentes en diferentes textos producidos por la comunidad de científicos.

Cuando analizamos los libros de nivel universitario hallamos una gran variedad de expresiones, la mayoría incompletas, que no guardan relación aparente entre la pertenencia del texto con las ciencias biológicas o con una de sus disciplinas (Cuadro 2). Es decir, a pesar de que pensamos que en el material específico de Ecología encontraríamos definiciones y relaciones conceptuales más ricas y acabadas que en los libros de Biología general o de ciencias ambientales; esto no resultó así.

En un primer nivel de complejidad conceptual podemos identificar una sinonimia entre la riqueza de especies y la biodiversidad, presente en las referencias 5 y 6. En un segundo nivel, encontramos dos libros de Ecología y dos de Biología –referencias 2, 4, 8 y 9, respectivamente– que hacen referencia a la riqueza de especies y a la diversidad de especies como a la ponderación de la primera por el tamaño o abundancia. Si bien esta aclaración es válida y necesaria, generalmente no se mencionan otros componentes de la diversidad biológica, con el consecuente peligro de asumir que ésta no es más que la diversidad de especies. Solo en la referencia 2 se señala el nivel genético, aunque estrechamente ligado a la variedad de taxones (especies).

En un tercer nivel podemos ubicar aquellas expresiones de la biodiversidad que contemplan tres componentes jerárquicos diferentes: el genético, el de la especie y el de la comunidad-ecosistema. Aquí nos encontramos con un libro de Biología (referencia 7) y uno de Ecología (referencia 1). La referencia 7 es el único libro de su tipo, aunque también de edición más reciente, en el que aparece la trilogía de la diversidad. Sin embargo, escapan a la definición de la biodiversidad de este nivel las unidades de paisaje y los grupos funcionales. Éstas caracterizan el cuarto nivel y están presentes solamente en uno de los textos (referencia 3). En este caso, podemos ver con claridad que un mismo libro –analizando las ediciones de 1988 y 1999– se ha referido a la biodiversidad de una manera más coherente con el avance de los conocimientos en la disciplina. Por lo tanto, la edición de Begon *et al.* de 1999 es la que presenta el nivel de complejidad más elevado, igualando a las expresiones del Cuadro 1.

**Ecología**

El término “**biodiversidad**” fue acuñado por Wilson (1988), es un anglicismo que representa la contracción del término “biological diversity” o diversidad de la vida. El concepto, ya clásico en cualquier libro de biología o ecología, implica la diversidad a todos los niveles, desde los millones de genes que se encuentran dentro de cada ser vivo, las millones de especies presentes en la naturaleza, hasta la inmensa diversidad de ecosistemas presentes en nuestro mundo (Stork, 1993)<sup>1</sup> (p. 4).

Los ecólogos también han observado que en las comunidades se ven patrones que parecen ser indiferentes a las limitaciones energéticas. El más importante de ellos incluye ciertas regularidades en el número de especies dentro de las comunidades, lo que habitualmente se denomina **diversidad de especies** (p. 564).

**Glosario**

**Biodiversidad.** Medida de la variedad de los organismos dentro de un área local o una región que a menudo incluye variación genética, singularidad taxonómica y endemismo. Véase **Diversidad**. (p. 662)

**Diversidad.** Número de taxones en un área local (diversidad alfa) o en una región (diversidad gamma). También, una medida de la variedad de taxones en una comunidad que tiene en cuenta la abundancia relativa de cada uno de ellos<sup>2</sup> (p. 668).

Cuando la composición de la comunidad se describe simplemente en términos de especies, se ignora completamente un aspecto importante de la estructura numérica de las comunidades. Se pasa por alto la información de que algunas especies son raras y otras comunes. De modo intuitivo, una comunidad con siete especies representadas todas ellas por el mismo número de individuos parece más diversa que otra comunidad, formada también por las mismas especies, pero en la que un 40% de los individuos pertenecen a la especie más común y solo 5% a las tres especies más raras. Y, sin embargo, ambas comunidades tienen la misma **riqueza de especies**.

La medida más simple del carácter de una comunidad que toma en consideración tanto los esquemas de abundancia como la riqueza de especies, es el índice de **diversidad** de Simpson<sup>3, 4</sup> (p. 730) (pp. 604-605).

El término **biodiversidad** fue acuñado con la intención de englobar toda la diversidad que existe en la naturaleza. Su componente más básico es el número de especies presentes en un área, es decir, la riqueza de especies. Sin embargo, (...) las estrategias de conservación a menudo requieren medidas más sofisticadas que tengan en cuenta la diversidad de roles funcionales representados por las especies en una comunidad (...). Además, se encuentran elementos de biodiversidad en otros niveles ecológicos incluyendo, en un extremo de la escala, la variación genética dentro de las especies, y en otro, la variación en los tipos de comunidad dentro de una región<sup>3</sup> (pp. 947 y 978).

**Textos para la educación universitaria****Conceptos expresados****Ecología**

Las diferencias en la **riqueza en especies** de las distintas comunidades o territorios han atraído siempre el interés de los naturalistas. El descubrimiento de la prodigiosa variedad de los ecosistemas tropicales debió ayudar a la percepción de la existencia de gradientes latitudinales en la **diversidad**, y a especulaciones sobre sus posibles causas (...).

Los ecólogos han dedicado mucho esfuerzo al análisis de la diversidad en el ecosistema. La mayor parte de este esfuerzo se ha concretado en el desarrollo de índices de diversidad y en relacionar la evolución de dichos índices con las otras características como estabilidad o producción. (...) Este renovado interés actual por la diversidad procede indudablemente, de la promoción del término biodiversidad en el contexto de los problemas de conservación, ideado por Wilson, aunque se trate de un concepto algo diferente, asimilable a la **riqueza global de especies** (Margalef, 1997, p.351)<sup>5</sup>.

**Ciencias Ambientales**

Estas especies naturales, llamadas en conjunto biota, son responsables de la estructura y el mantenimiento de los ecosistemas. La biota y los ecosistemas representan una forma de riqueza –la riqueza biológica– que sostiene la vida humana y las actividades económicas. Es como si el mundo natural fuera una enorme cuenta bancaria cuya riqueza biológica pagara dividendos todo el tiempo, siempre que se mantuviera el capital (mediante relaciones sostenibles). Esta abundancia de especies es la **biodiversidad** de la Tierra<sup>6</sup> (p. 463).

**Biología**

La **diversidad de especies** de una comunidad –la variedad de los distintos tipos de organismos que forman la comunidad– tiene dos componentes. Uno es la **riqueza de especies**, el número total de especies diferentes en la comunidad. El otro es la abundancia relativa de las distintas especies, la proporción de cada especie en el número total de individuos de la comunidad (p. 1165).

La **biodiversidad** –síntesis de diversidad biológica– tiene tres componentes o niveles principales: diversidad genética, diversidad de especies y diversidad del ecosistema.

La diversidad genética comprende no solo la variación genética individual en una población, sino también la variación genética entre poblaciones (...).

Gran parte del debate público sobre la crisis de la biodiversidad está centrado en la diversidad de especies: la variedad de especies en un ecosistema o en toda la biosfera, o lo que denominamos riqueza de especies (...) <sup>7</sup> (p. 1210).

Los organismos influyen en las comunidades en las que viven, a través de todos los tipos de interacciones que hemos descrito. Mediante estas interacciones, pueden influir en la **riqueza de especies** de sus comunidades –es decir, el número de especies que viven ahí (p. 984).

## Glosario:

**Diversidad de especies.** Representación ponderada de las especies de los organismos que viven en una región; las especies grandes y comunes reciben mayor peso que las especies pequeñas y raras<sup>8</sup> (p. 1055).

Ecológicamente hablando, una comunidad comprende a todas las poblaciones de organismos que habitan un ambiente común y se encuentran en interacción recíproca. Estas interacciones son naturalmente las fuerzas principales de selección natural. Ellas ejercen influencias, asimismo, sobre el número de individuos de cada población y sobre el **número y tipos de especies** existentes en la comunidad (p. 1114).

El número y tipos de especies en una comunidad pueden verse influido, en gran medida, por la depredación. Aunque la depredación ocasionalmente puede eliminar especies presa, muchos estudios experimentales han demostrado que suele ser un factor importante en el mantenimiento de la **diversidad de especies** en una comunidad<sup>9</sup> (p. 1126).

## Referencias

1. Martino, A. L.; Di Tada, I. E. y Bucher, E. H. (1996). **Biodiversidad: maravilla y desafío.** En: I. E. di Tada y E. H. Bucher (Eds.). *Biodiversidad de la Provincia de Córdoba. Fauna* (v. 1). Río Cuarto: Departamento de Imprenta y Publicaciones de la UNRC.
2. Ricklefs, R. E. (2001). *Invitación a la Ecología. La economía de la naturaleza. Libro de texto sobre ecología básica* (4°. Ed.). Madrid: Editorial Médica Panamericana.
3. Begon, M; Harper, J. L. y Townsend, C. R. (1999). *Ecología: individuos, poblaciones y comunidades* (3°. Ed.). Barcelona: Ediciones Omega.
4. \_\_\_\_\_ (1988). *Ecología: individuos, poblaciones y comunidades.* Barcelona: Ediciones Omega.
5. Terradas, J. (2001). *Ecología de la vegetación. De la fisiología de las plantas a la dinámica de las comunidades y paisajes.* Barcelona: Ediciones Omega.
6. Nebel, B. J. (1999). *Ciencias ambientales: ecología y desarrollo sostenible* (6°. Ed.). México: Préntice-Hall.
7. Campbell, N. A. y Reece, J. B. (2007). *Biología* (7°. Ed.). Madrid: Editorial Médica Panamericana.
8. Purves, W. K.; Sadova, D.; Orians, G. H.; Heller, H. C. (2003). *Vida. La ciencia de la Biología* (6°. Ed.). México: Editorial Médica Panamericana.
9. Curtis, H. y Barnes, N. S. (1993). *Biología* (5°. Ed.). Cali: Editorial Médica Panamericana.

**Cuadro 2.** Expresiones textuales referidas a la diversidad biológica presentes en textos de diferentes disciplinas científicas destinados a la educación universitaria.

Si analizamos ahora los textos para la educación formal secundaria o informal de Argentina (Cuadro 3), vemos que se avanza aun más en la adecuación del conocimiento científico que en los textos de nivel universitario.

En un primer nivel de profundidad en el tratamiento del tema ubicamos las referencias 1, 3 y 7, donde no aparecen las palabras biodiversidad ni diversidad sino que solo se hace referencia al número de especies, riqueza o, incluso, a la cantidad de las mismas. En un segundo nivel encontramos aquellas referencias de la biodiversidad como sinónimo de la riqueza taxonómica; es decir, a la cantidad de especies o de organismos vivos en un sistema (4, 6, 8, 9 y 10). Esta característica, recordemos, era propiedad del nivel de complejidad más bajo de los libros de texto universitarios. En algunos de los casos aparecen definiciones explícitas, como en las referencias 4 y 10; mientras que en otros, la relación se interpreta de acuerdo con el contexto de explicación o con los elementos contenidos en un título (referencias 6, 8 y 9).

En un tercer nivel hallamos la referencia 5, donde se menciona que evitando la extinción de las especies se preserva la diversidad genética. Por más de que sea una formulación superior con respecto al nivel anterior, resulta incompleta debido a que puede entenderse que la diversidad está representada solamente por genes que se preservan cuidando a los organismos que los portan. Por último, encontramos que la definición más abarcadora de la diversidad biológica, que se corresponde con un cuarto nivel de profundidad, es la referencia 2. La misma, no solo incluye la variedad de seres vivos y los ecosistemas (primera vez que aparece este nivel jerárquico en libros de secundaria) sino que, a su vez, hace un análisis crítico breve de las ventajas y desventajas de estudiar la biodiversidad solo por medio de la diversidad de especies.

Por todo esto, al menos al nivel de expresión y de definiciones que hemos tomado como unidad de análisis en los cuadros anteriores, resulta evidente que el proceso de transposición lleva a la pérdida de actualidad, rigurosidad, historia y contexto del conocimiento desde que se produce en la comunidad de científicos hasta que llega a las aulas universitarias y secundarias.

Ahora veremos qué características tiene este proceso en el establecimiento de los diseños curriculares.

Esta secuencia de etapas de un ecosistema se llama sucesión y solo es posible verla a partir de la formación de un nuevo ecosistema. En un primer momento, la sucesión se caracteriza por la poca **cantidad de especies** que la pueblan (...). Con el transcurso del tiempo, el ambiente va poblándose con otras especies que desplazan a las originales. A medida que el **número de especies** aumenta, comienza la competencia entre ellas hasta llegar a lo que los ecólogos llaman clímax<sup>1</sup> (p. 104).

Nuestra opinión es que si bien el concepto de especie no resulta útil para agrupar toda la **diversidad biológica** existente, constituye una buena herramienta conceptual para comprender muchas relaciones (...) (p. 217).

En biología se habla de **biodiversidad** para describir la variedad de seres vivos y ecosistemas que existen. El concepto de especie permite agrupar y conocer gran parte de la diversidad de seres vivos. En la actualidad existen, reconocidas por los científicos, alrededor de 1.400.000 especies<sup>2</sup> (p. 219).

Selvas o bosques tropicales. Se trata de los ecosistemas con mayor **riqueza en variedad de especies** de fauna y flora. Están ubicados en (...) <sup>3</sup> (p. 143).

¿Sabes cuántos seres vivos se conocen en la actualidad? Se calcula que existirían alrededor de 12.500.000 especies diferentes en todo el planeta. (...). Como ves, la **biodiversidad** o **diversidad biológica**, es decir, la variedad de seres vivos que habitan el planeta, es enorme, prácticamente incontable<sup>4</sup> (p. 110).

Evitando la extinción de las especies.

Nos permite preservar la **diversidad genética** que se encuentra en los organismos vivos del mundo entero.

Los peligros más grandes que amenazan las especies son la explotación excesiva y la destrucción de los hábitat (...) <sup>5</sup> (p. 155).

Entre los componentes bióticos del ambiente se pueden encontrar gran variedad y cantidad de seres vivos (p. 14).

¿Qué podemos observar en un viaje hacia las Cataratas del Iguazú?

La selva misionera es la región natural de mayor **diversidad biológica** de la Argentina. Si bajamos del transporte que nos lleva a las Cataratas y nos internamos en la selva (...) <sup>6</sup> (p. 23).

**Textos para la educación formal o informal****Conceptos expresados****Ciclo Básico Unificado (CBLU)**

Cuanto más compleja es una comunidad, con mayor número de poblaciones y de interacciones entre ellas, menor es la probabilidad de que se establezca un invasor.

El impacto de un invasor es mucho mayor sobre un ecosistema simplificado, como puede ser un campo de cultivo, ocupado por un **número** reducido de **especies**<sup>7</sup> (p. 161).

El problema de la **diversidad biológica**.

Cualquiera de nosotros que se haya aventurado a través de los campos vírgenes de la pampa húmeda no deja de sorprenderse por la gran variedad de seres que allí habitan (p. 12).

**Diversidad Biológica.** A lo largo de la historia se enfrentaron dos concepciones antagonistas para explicar su origen: fijismo y transformismo.

Panorama de la **diversidad biológica**. [continúa con el estudio de los reinos]<sup>8</sup> (p. 187).

**Divulgación**

Los docentes y sus alumnos pueden explorar todos estos "hábitats" del patio, haciendo un *re-conocimiento* de la diversidad biológica presente, sus adaptaciones y sus interrelaciones (p. 10).

**La diversidad**

¿Qué especies encontramos en nuestro patio?

¿Cómo organizamos el inventario de seres vivos del patio? (...)

¿Qué tienen en común las especies de cada uno de los modelos encontrados?<sup>9</sup> (p.11).

**Suplemento de colección de un diario**

Los arrecifes de coral tienen una gran **biodiversidad** porque contienen numerosas especies diferentes. La biodiversidad del desierto es baja, pues tiene pocas especies. Ciertas actividades humanas, como la pesca, han reducido la biodiversidad en muchos ecosistemas<sup>10</sup> (p. 80).

**Referencias**

1. Ostrovsky, G. y Grindchpun, M. (2001). *Ciencias Naturales 7*. Buenos Aires: Kapelusz.
2. Aragundi, A. E.; Gutiérrez, A. y Fernández, S. B. (1997). *Ciencias Naturales 8*. Buenos Aires: Kapelusz.
3. Barderi, M. G. (2002). *Ciencias Naturales 7: libro del docente* (1°. Ed.). Buenos Aires: Santillana.
4. \_\_\_\_\_ (2002). *Ciencias Naturales 8: libro del docente* (1°. Ed.). Buenos Aires: Santillana.

- 
5. Liserre de Telechea M. A. y Cazado, J. A. (1994). *Biología 1* (4°. Ed.). Buenos Aires: AZ Editora.
  6. Mateu, M.; Maresca, S. y Botto, J. L. (1997). *Ciencias Naturales. Biología 7*. Buenos Aires: AZ Editora.
  7. Revel Chion, A.; Meinardi, E. y Sztrajman, J. (1995). *Ciencias Naturales. 1er año* (1°. Ed.). Buenos Aires: Aique.
  8. Aljanati, D.; Wolovelsky, E. y Tambussi, C. (1996). *Los caminos de la evolución. Biología II*. Buenos Aires: Ediciones Colihue.
  9. Rost, N.; Margutti, L. y Oviedo, R. (2005). *Bichos y plantas. Organismos focales del patio escolar*. Neuquén: Artes Gráficas Limay.
  10. Anónimo. (2006). *Serie Averigua Más*. Córdoba: Suplemento del Diario "Día a Día". 3 de marzo.
- 

**Cuadro 3.** Expresiones textuales referidas a la diversidad biológica presentes en textos para la educación formal de nivel secundario o informal.

### ¿Qué dicen los Lineamientos Curriculares de la Jurisdicción Córdoba, Argentina?

---

Una observación detallada de los Lineamientos Curriculares de la provincia de Córdoba (MEC, 1998) muestra una organización en espiral entre los dos ciclos que componen la escuela secundaria –alumnos de 12 a 17 años: el Ciclo Básico Unificado (CBU) y el Ciclo de Especialización (CE, o Polimodal)–. Esta secuenciación revela la noción de niveles de complejidad del contenido como basamento para la construcción curricular del saber “a enseñar” (Cuadro 4). Particularmente, el tema diversidad o biodiversidad se ubica en segundo, cuarto y sexto año de la enseñanza, dentro del eje “Los organismos: unidad, diversidad, continuidad y cambio” del CBU, que luego se modifica levemente para el CE, transformándose en “La vida, unidad, continuidad y cambio”. Por otro lado, hemos identificado que numerosos tópicos del currículo desde primer hasta sexto año se relacionan con este concepto, principalmente en el eje “Los sistemas ecológicos en constante dinámica” del CBU y “El ambiente y la calidad de vida” del CE.

		<i>Ejes</i>	
Nivel	Curso		
		<i>Los sistemas ecológicos en constante dinámica</i>	<i>Los organismos: unidad, diversidad, continuidad y cambio</i>
	1	Sistemas ecológicos; componentes, interacciones. Biósfera. Ecosistemas. Hábitat y nicho ecológico (p. 15).	
CBU	2		<b>Diversidad</b> de los seres vivos: criterios de clasificación, los niveles de organización como criterio. Los cinco Reinos (Moneras, Protistas, Hongos, Animal, Vegetal): criterios y características diferenciales (en cuanto a número y tipo de células, formas de nutrición, etc.). La ubicación problemática de los virus. Especies regionales más importantes desde el punto de vista ecológico, económico y sanitario (p.17).
	3	Ecosistema humano. El uso de recursos del planeta. Las actividades humanas y el impacto ambiental. Alternativas de solución a los problemas ambientales. Desarrollo sustentable (p. 19).	Cambios en los seres vivos. Evolución: postura de Lamarck y Darwin. Principales mecanismos de evolución: mutación, selección natural. Breves nociones de evolución humana (p. 19).
		<i>Ejes</i>	
		<i>El ambiente y la calidad de vida</i>	<i>La vida, unidad, continuidad y cambio</i>
		Intercambio de materia y energía entre el hombre y el ambiente. Efectos ambientales sobre la calidad de vida.	
		Política económica y política ambiental. Necesidad de desarrollo sustentable.	
CE	4	Manejo de recursos a nivel regional: criterios de búsqueda, intercambio, explotación y evaluación. Análisis de interrelaciones e interdependencias entre hechos o procesos naturales y sociales en la dinámica de la vida (p. 172).	El papel de la información en los sistemas vivos: genes y cromosomas. <b>Biodiversidad</b> (p. 173).

Nivel	Curso	Ejes	
		<i>El ambiente y la calidad de vida</i>	<i>La vida, unidad, continuidad y cambio</i>
	5	<p>Riesgos ambientales: urbanos y rurales: su relación con la calidad de vida. Impacto ambiental sobre los seres vivos. (...)</p> <p>Contaminación ambiental domiciliaria, barrial, comunal y regional. (...) (p. 305).</p>	
	6	<p>El ambiente desde una perspectiva histórica. Las comunidades y sus relaciones con el entorno natural en diferentes tiempos y espacios. Poblaciones indígenas, su relación con el ambiente, diversos estilos de vida y resolución de situaciones.</p> <p>Principales recursos naturales de Córdoba, Argentina, y de los países del Mercosur. Valuación económica, conservación, preservación y protección de los recursos (p. 307).</p>	<p>Evolución biológica. Célula procariota y eucariota. Organismos unicelulares y multicelulares. Cooperación en integración. La <b>biodiversidad</b> como consecuencia de la evolución. Reinos. Dominios. Principales líneas filogenéticas de los seres vivos (p.306).</p>

**Cuadro 4.** Expresiones referidas a la diversidad biológica presentes en los Lineamientos Curriculares de la provincia de Córdoba, Argentina, para la educación secundaria (12 a 17 años). CBU: Ciclo Básico Unificado. CE: Ciclo de Especialización.

Sin embargo, analizando en profundidad la idea de diversidad que subyace, hemos encontrado que la misma se encuentra ligada a la taxonomía, particularmente a la riqueza (o número) de especies, a pesar de que para el CBU la explicación del eje donde se encuentra este tema expresa textualmente que:

*Con respecto a la diversidad no se pretende un estudio puramente taxonómico de los Reinos, sino más bien un abordaje a partir de los patrones comunes tanto en lo morfológico como en lo funcional y ecológico. Se enfoca la diversidad como consecuencia de la evolución. De esta mane, se puede encarar el estudio de la diversidad de los seres vivos, considerando un plan general de organización de los distintos grupos, tendientes a una mayor comprensión de los niveles de organización que comparten (p. 14).*

Creemos que no da suficientes indicaciones como para escapar de la aproximación taxonómica por solo mencionarlo, o proponiendo un abordaje desde la anatomía comparada como consecuencia de la evolución. “Lo funcional y ecológico” encierra un importante marco teórico que no se especifica para ninguno de los dos niveles de la escuela secundaria. Es más, la presencia del contenido *diversidad* para el segundo año, como ya hicimos notar, refiere a la diversidad de los seres vivos, por lo que se planteaba un estudio de los reinos y que estuviese centrado en las especies.

En Argentina, desde 1993, comienza a concretarse la Reforma Educativa con la sanción de la Ley Federal de Educación N° 24.195. Esta representa el marco normativo de regulación de los tres ejes de la transformación: la estructura del sistema –cambian niveles, obligatoriedad, carga horaria, nuevas funciones para la escuela–, los diseños curriculares para todos los niveles, con Contenidos Básicos Comunes (CBC) –con una ejecución prevista durante el período 1993-2000–, y la transformación de la formación docente –con acreditación de Institutos de Formación Docente Continua y títulos, funciones y nuevos diseños curriculares– a cumplirse entre 1993 y 2003 (De Longhi y Ferreyra, 2002).

La obligatoriedad de la escuela estipulaba la presencia de los alumnos en las aulas hasta el tercer año (14 años), con lo que el alcance curricular para *biodiversidad*, así como para *ecosistema*, era relativamente simple. Desde 2007, con la sanción de una nueva Ley de Educación Nacional (N° 26.206), se ha prorrogado la enseñanza obligatoria hasta el sexto año, pero aún no se han normado cambios en los contenidos del currículo oficial.

Si se continuara de esta manera, suponemos que en el cuarto año, los alumnos deberían estudiar la biodiversidad analizándola desde el papel de la información presente en los genes. No obstante, vemos que el acercamiento desde el mundo microscópico de los cromosomas y las células podría no llevarnos más que al estudio del organismo entero y al entendimiento de la biodiversidad como la diversidad de organismos o especies. Una aproximación diferente, poco presente en las escuelas, sería la basada en la genética de poblaciones, que estudia el fenómeno de la herencia y la variación de las poblaciones con el objeto de dar explicación a fenómenos evolutivos.

En sexto año, si bien se retoma el concepto de biodiversidad dándole una perspectiva evolutiva, se lo relaciona nuevamente con la diversidad taxonómica –reinos y dominios– en un intento de encontrar causas de los cambios y la radiación adaptativa.

En los Lineamientos Curriculares, como vemos, no están comprendidos los componentes jerárquicos de la biodiversidad relacionados con los grupos funcionales y las unidades de paisajes. La presencia de los mismos en los textos que determinan aquello que culturalmente es importante conocer sigue siendo un desafío pendiente tanto para la reforma educativa como para la formación docente.

Desde otra perspectiva de análisis, identificamos que cuando se estudia la biodiversidad centrada en la riqueza de especies no solo se dejan de lado las poblaciones, los grupos funcionales y las unidades de paisaje, sino que también, el único criterio de validez es la abundancia. Como consecuencia, los procesos y procedimientos desplegados para su estudio consisten en contar especies, dejando de lado otros niveles de análisis como la abundancia relativa, la composición –identidades–, interacciones, rango, distribución espacial y temporal, etc.

Por todo lo mencionado, podemos concluir que escapan al currículo oficial de la provincia de Córdoba, en sentido amplio, los componentes jerárquicos de genotipos y comunidades, particularmente los grupos funcionales y las unidades de paisaje; y que los atributos estudiados en cada nivel están solamente limitados al número.

Sin embargo, es conveniente aclarar que un diseño curricular a nivel del Ministerio Provincial de Educación, como el que estamos analizando, no incluye el alcance que se le da a los términos que en él se expresan. Esta situación deja al descubierto la libertad que tiene un docente para trabajar en los espacios vacíos del entramado curricular y adecuar así su propuesta al proyecto institucional y al enfoque de particular interés.

De esta manera, la selección y organización de una temática como la de biodiversidad requiere especificar, como dijimos antes, niveles de complejidad desde una teoría de referencia, una explicación de su alcance –acorde a la institución, a las características de los alumnos y al nivel educativo–, y un enfoque particular –ecológico, ambiental, etc.–, temas que abordaremos en el siguiente punto.

### Orientaciones para la transposición del concepto de diversidad funcional

#### ***¿Qué saber sabio es necesario recuperar?***

Para empezar a plantear un cambio sería conveniente que retomáramos la estructura teórica y semántica de la Ecología. El primer paso consistirá en reconocer la totalidad de los componentes jerárquicos de la biodiversidad.

Hamilton (2005) sostiene que, en general, han existido dos aproximaciones para el estudio de la diversidad de especies que han incorporado como variables tanto la riqueza como la abundancia relativa. Por un lado, se encuentra la construcción de índices matemáticos ampliamente conocidos como 'índices de diversidad' (Simpson, Shannon, Margalef, etc.); y por otro, la comparación de los patrones de abundancia de especies con modelos teóricos como el de 'vara quebrada', la serie geométrica, logarítmica y log-normal.

A un nivel microscópico, para conocer la variedad genética se pueden analizar directamente los cambios en la estructura del ADN, o indirectamente las proteínas que codifican genes específicos. Con datos moleculares pueden determinarse, por ejemplo, el nivel promedio de heterocigosidad, la proporción de loci polimórficos y el total o el promedio del número de alelos por locus (Mallet, 1996). La diversidad genética puede analizarse también a través de aproximaciones cuantitativas relativas a las características morfológicas, con un valor adaptativo más directo, como lo es la diversidad fenética o diversidad de fenotipos (Moreno, 2001).

La diversidad funcional suele estudiarse a través de los atributos empleados en la diversidad de especies. La aproximación más simple es el número de grupos funcionales (Hooper *et al.*, 2002), mientras que los índices más detallados tienen la desventaja de ser difíciles de estimar (Petchey y Gaston, 2006), o de requerir decisiones arbitrarias acerca de qué caracteres incluir, si considerar la abundancia relativa de los mismos, o a qué escala una diferencia puede resultar significativa. Sin embargo, éstos constituyen una medida mucho más completa y acabada de la diversidad, ya que pueden darnos mayores precisiones acerca de lo que ocurre en una comunidad. Otros estudios, más específicos aún, utilizan medidas de la diversidad filogenética, calculando la diversidad funcional como la longitud total de las ramas de un dendrograma, que es una representación gráfica en forma de árbol que agrupa a las especies de acuerdo con el grado de similitud en la expresión de un conjunto de caracteres funcionales seleccionados (Petchey y Gaston, 2002; 2007).

Por otro lado, la diversidad biológica al nivel de comunidades se analiza mediante las técnicas de ecología del paisaje (Turner y Gardner, 1991). Un paisaje se define como un área formada por un conjunto de comunidades que interactúan y se repiten de forma similar, y que lo hacen típicamente heterogéneo (Forman, 1995). La diversidad al nivel de comunidades puede analizarse, al igual que la diversidad de especies, como la riqueza –número de comunidades distintas presentes en un paisaje– o la estructura –proporción de cada comunidad dentro de un paisaje–. Por lo tanto, pueden aplicarse índices como el de Shannon.

## ***Los modelos representacionales de los alumnos***

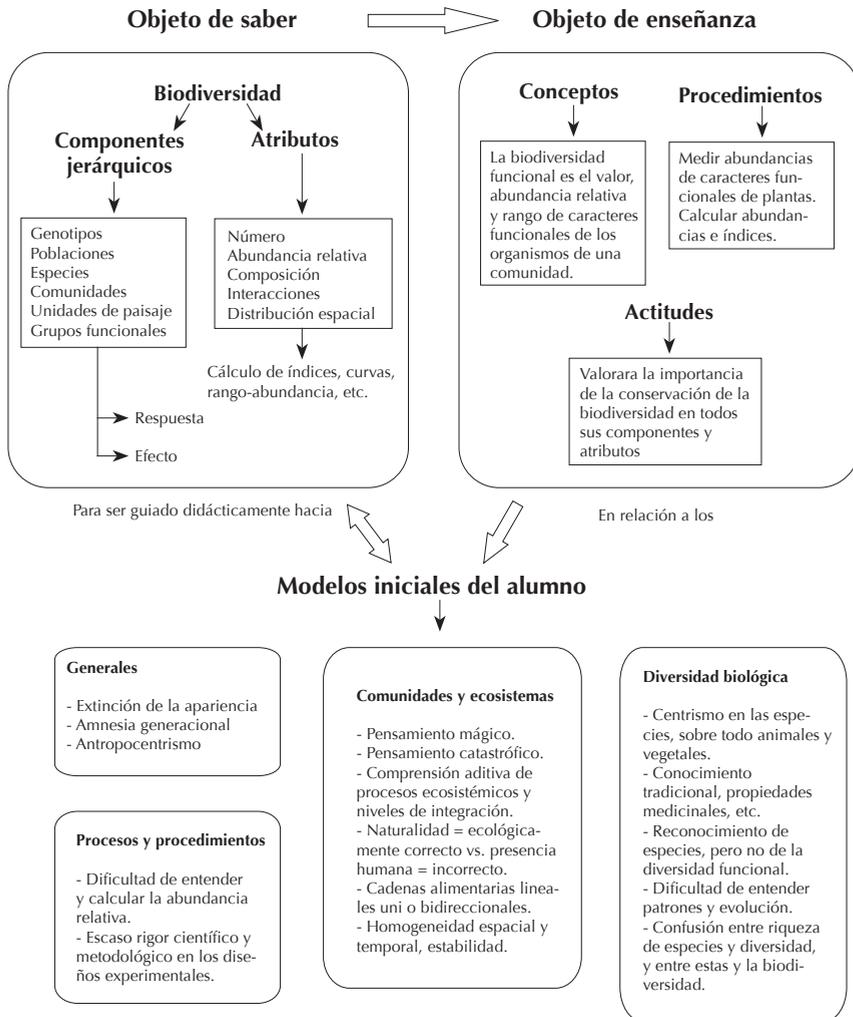
Como señalamos anteriormente, hemos identificado que la diversidad funcional es el componente que experimenta una adecuación más intensa a lo largo de la transposición didáctica debido a que no aparece siquiera en numerosos libros de texto ni en los Lineamientos Curriculares de la Jurisdicción Córdoba. Por ello, proponemos su transposición holística (Figura 2) teniendo en cuenta que el concepto u “objeto de saber” no es el punto de partida sino el de llegada, esto es, a través de una secuencia de actividades expresadas como “objeto de enseñanza” que recuperan los modelos intuitivos de los alumnos.

Con respecto a estos últimos, sería conveniente tener en cuenta que para hacerlos avanzar hacia el saber sabio sería necesario considerar factores y marcos alternativos específicos que influyen en la enseñanza del contenido *biodiversidad*. Por ejemplo, en los pueblos asentados en territorios con desarrollo de actividades estrechamente ligadas a los recursos ambientales –como ocurre con los originarios de Latinoamérica y muchas comunidades rurales actuales–, existe un vasto conocimiento tradicional acerca de los usos y prácticas con fibras vegetales, tinturas, alimentos, etc., relacionadas con el shamanismo, el curanderismo y con prácticas de autotratamiento (Martínez y Planchuela, 2003; Martínez, 2007). Estos saberes deberían ser considerados en las situaciones didácticas. Por ejemplo, las clasificaciones establecidas popularmente sobre las medicinas naturales podrían servirnos, por un lado, para reconocer los servicios ecosistémicos, y por otro, los posibles grupos funcionales.

Sin embargo, en un contexto de crecimiento y desarrollo de los niños cada vez más urbano, no podemos dejar de citar los efectos de una ‘amnesia generacional’ (Pyle, 1993) que surge por la ausencia de significación psicológica que adquiere la pérdida de la diversidad debido a que el ambiente percibido por las personas cuando pequeñas, actúa como línea de base para la interpretación de la degradación ambiental. En este sentido, la ‘extinción de la experiencia’ no es más que la pérdida de oportunidades que tienen de interactuar con la naturaleza (Pyle, 1993; Millar, 2005).

Otros elementos que encontramos en la raíz del ideario medioambiental son el pensamiento mágico y catastrófico. El primero, anteriormente descrito por Rhode (1996), presupone la bondad y armonía de los elementos de la naturaleza por el mero hecho de ser ‘naturales’. Por su parte, el pensamiento catastrófico aparece cuando las perturbaciones –entre ellas las actividades humanas– se asocian a presiones ambientales devastadoras que culminan necesariamente con la extinción, la muerte, la desertización, etc. (Bermúdez, 2007).

Otras teorías intuitivas, como la representación de los ecosistemas como unidades homogéneas y estables, el entendimiento de las redes alimentarias como cadenas uni o bi-direccionales, y las dificultades asociadas al procesamiento de algunas técnicas científicas (ver Figura 2), han sido presentadas en algunos trabajos previos (Bermúdez, 2005; 2006a,b; 2007).



**Figura 2.** Representación gráfica de la transposición de la diversidad funcional. Adaptado del modelo de transposición holística presentado por Jiménez y Sanmartí (1997).

### El objeto de enseñanza

Proponemos ahora algunas herramientas que pueden aportar a la construcción de una unidad didáctica que tenga como objetivo provocar la

comprensión de los conceptos, procedimientos y actitudes planteados en la Figura 2. Para ello, damos algunas pautas para la realización de actividades en el patio de la escuela (Feisinger *et al.*, 1997), una plaza cercana, un parque, y hasta un conjunto de macetas de una galería del colegio, como espacios de aprendizaje de significativa importancia para la enseñanza de temáticas ecológicas.

En el marco de una estrategia de indagación dialógica problematizadora (De Longhi, 2007), las preguntas que se mencionan a continuación son ejemplos que pueden adaptarse a diferentes contextos de problematización y ser aplicadas a distintos disturbios (sequía, inundación, un aumento considerable en el número de alumnos que concurren al establecimiento educativo, etc.). Las ideas que brindamos están limitadas al estudio de la vegetación; no obstante, pueden ser aplicadas, aunque con algunas diferencias metodológicas, a otros grupos taxonómicos.

**Pregunta 1:** ¿cómo afectan las actividades del patio de la escuela (actos, partidos de fútbol, etc.) a la diversidad funcional?

**Pregunta 2:** si se encendiera un fuego en el patio de la escuela para cocinar un asado, o sentarse alrededor para tocar la guitarra, ¿cuál sería el lugar indicado para evitar provocar un incendio?

**Pregunta 3:** en el caso de que se propagara el fuego señalado en la pregunta anterior, ¿qué sector se dañaría menos y cuál se recuperaría más rápidamente?

**Pregunta 4:** ¿cómo se ven modificadas las respuestas anteriores si tenemos en cuenta las estaciones del año?

### ***¿Cómo seleccionar las áreas de estudio?***

Para comenzar, conviene tener en claro cuáles son las áreas de estudio. Para ello, sugerimos determinar al menos tres zonas del patio con distintas intensidades de un mismo disturbio (pisoteo generado por actividades deportivas, actos escolares, talleres, etc.). Las mismas pueden derivarse de un análisis previo que determine las frecuencias de uso (por ejemplo, 4 veces a la mañana 5 días a la semana) o la carga por unidad de área (por ejemplo, 50 alumnos en 30 metros cuadrados; su peso de sobre una unidad de área y tiempo, etc.), o bien, ser determinados *a priori*. Seguramente los estudiantes sabrán definir con mucho conocimiento del terreno las categorías y sus niveles de perturbación.

Por otro lado, será necesario muestrear un mínimo de tres sitios en cada una de las zonas seleccionadas. Estos sitios pueden ser elegidos al azar o demarcados a lo largo de una transecta, a una distancia fija, la que dependerá de las dimensiones del área de estudio (cada dos metros, cada tres metros, cada cinco metros, etc.). En el caso de tomar la primera opción, una forma divertida de marcar el territorio es vendar los ojos a algún voluntario que arroje algún objeto al suelo dos veces. La transecta puede ser definida de la misma manera, uniendo con una línea imaginaria los dos puntos marcados. Resta entonces definir el tamaño de los tres sitios de cada área. La misma dependerá de la inclusión de las especies arbóreas y arbustivas —si las hubiera—, lo que es recomendable.

El área de estudio se define al ir incrementando su superficie hasta que el número de especies contenidas en ella no varíe significativamente. En general, puede trabajarse sin inconvenientes con un metro cuadrado, pero solo si se consideran las gramíneas y dicotiledóneas herbáceas.

Para seleccionar los sitios, cualquiera que haya sido el método de elección, es conveniente establecer con anticipación si la superficie de los mismos será delimitada considerando que el objeto marcador, o los metros fijados a lo largo de la transecta, determinan el centro o algún extremo del cuadrado (superior derecho, por ejemplo).

### **¿Qué caracteres y cómo medirlos?**

Cornelissen *et al.* (2003) han desarrollado un manual de protocolos estandarizados para la medición de caracteres funcionales en plantas, de los que solo nos centraremos en los caracteres vegetativos de planta entera, hoja y tallo (Cuadro 5) que puedan ser medidos fácilmente en el ámbito escolar.

Para trabajar con un primer nivel de complejidad, sugerimos que a fin de simplificar la tarea se midan cinco individuos de seis especies elegidas al azar en cada una de los sitios seleccionados. De esta manera, resultará más probable que las especies escogidas sean las más abundantes y, por tanto, las que mayor influencia tienen en el funcionamiento del ecosistema. De otro modo, y con un nivel de complejidad superior, puede determinarse en forma paralela la abundancia relativa de cada una de acuerdo con el porcentaje del suelo que cubren. La cobertura es definida como el área de una superficie conocida ocupada por las estructuras de una especie vista desde arriba. Normalmente se determina como un porcentaje, en clases de 5 ó 10% cada una. Debido a que las estimaciones son realizadas “a ojo” existe la probabilidad de error entre muestras y entre operadores, pero el método tiene la ventaja de ser rápido de usar.

---

## **Carácter funcional**

---

### **Planta entera**

#### *Forma de crecimiento*

Es una variable categórica determinada, principalmente, por la estructura y altura del dosel, que puede estar relacionada con las estrategias de las plantas, factores climáticos y el uso de la tierra. Cada especie es asignada a una de las siguientes categorías: gramíneas, dicotiledóneas herbáceas, arbustos, suculentas, epífitas y árboles.

#### *Altura de la planta*

Se define como la distancia mínima que existe entre el extremo superior del tejido fotosintético principal y el nivel del suelo, y se expresa en metros (m) (Cornelissen y otros, 2003). Debe ser considerada la altura a la que se encuentra el follaje y no la de alguna inflorescencia o tallo que lo supere en altura, si existiese. Este carácter se relaciona con la competencia, la vigorosidad, la tolerancia a los disturbios ambientales producidos por el ser humano (Cornelissen y otros, 2003). Para las plantas con forma de roseta se recomienda tomar la altura de las hojas; mientras que para las especies herbáceas se sugiere tomar un tallo, estirarlo, y medir la longitud desde la base hasta la hoja verde más joven del extremo.

De cada sitio se obtiene un dato por especie, por lo que debe calcularse un promedio con cinco individuos adultos que no estén ubicados debajo de árboles o en cercanías de elementos que den sombra.

---

### **Hoja**

#### *Área foliar y área foliar específica (AFE)*

Es el área de una hoja madura, verde, turgente y completamente desplegada. Se expresa en  $\text{mm}^2$ . Si dividimos este valor por la masa seca de la hoja se obtiene el AFE ( $\text{mm}^2/\text{mg}$ ). Estos caracteres se consideran que son “blandos”, ya que pueden ser medidos con relativa facilidad. Resultan buenos indicadores de los “caracteres duros”, de significado eco-fisiológico más directo, pero de cuantificación más laboriosa. En este sentido, el AFE a menudo se correlaciona positivamente con el crecimiento relativo potencial –es decir, qué tan rápido pueden responder a un disturbio–, o con la tasa fotosintética relativa. Los valores bajos se corresponden con una alta inversión en las defensas de la hoja –cutículas, ceras, pelos, etc.–, mientras que los valores altos pueden encontrarse en ambientes ricos en nutrientes (Cornelissen *et al.*, 2003).

Se recomienda tomar un mínimo de tres hojas de cinco individuos por especie, de cada uno de los sitios.

---

---

Para determinar el área, se sugiere la utilización de papeles cuadrículados (donde cada cuadrícula tiene un área conocida), o calcar las hojas en un papel con una relación masa/área conocida (recortar el papel, pesarlo y calcular el área que tiene ese peso con una regla de tres simple) o con un escáner (están disponibles en internet varios programas gratuitos para calcular la superficie escaneada de la hoja).

Para conocer la masa seca de las 3 hojas por individuo, luego de determinar sus superficies, es ideal que se cuente con una estufa estabilizada a 60° C, donde sean colocadas en sobres de papel debidamente rotulados. El procedimiento de medición termina cuando se obtiene una masa constante a lo largo de los días, pero para la mayoría de las hojas, 48 hs son suficientes para que pierdan toda el agua. En el caso de no contar con una estufa de laboratorio, se puede realizar el secado en hornos de barro a fuego muy bajo, en hornos de cocina, o confeccionando un soporte para los sobres cerca de una estufa convencional; solo hay que tener cuidado de que el calor no carbonice la materia orgánica. No hay que perder de vista que la balanza que se utilice debe ser lo suficientemente sensible como para determinar la masa seca de tres hojas, por lo que, en caso de utilizar alguna comercial, quizá convenga hacer una prueba piloto para determinar si hay que aumentar la cantidad de material vegetal, o hay que pesar las tres hojas de los cinco individuos a la vez.

De cada sitio se obtiene un dato por especie, por lo que primero debe calcularse el área de las tres hojas, dividirlo por la masa de éstas y luego realizar el promedio de los valores de los cinco individuos.

### *Dureza*

En sentido amplio, la dureza de las hojas puede ser definida como la fuerza necesaria para romperla en su ancho. Este carácter resulta un buen indicador de las inversiones que realizan las plantas para proteger a las estructuras fotosintéticas de factores abióticos (vientos, heladas, fuego, etc.) y bióticos, como el daño mecánico producido por los herbívoros –con presencia de espinas, pelos urticantes, metabolitos secundarios, etc.– (Cornelissen *et al.*, 2003). Además, la dureza foliar nos da una idea de la calidad de la hoja para ser descompuesta por los microorganismos del suelo.

Se recomienda establecer categorías ordinales (1 a 4, por ejemplo) determinadas por algún artilugio mecánico como la dificultad que ofrece la hoja al ser cortada en su ancho con un bisturí, una hoja de afeitar, etc. Para evitar que hojas más anchas, y no necesariamente más duras, sean más dificultosas de dividir, conviene cortar un segmento de ancho fijo para todas las hojas, como puede ser 1 cm a un costado de la nervadura central (en el caso de las dicotiledóneas). Los mismos podrán ser dispuestos sobre un telgopor o un paño para proceder con el elemento cortante. La fuerza aplicada con cada corte debería ser constante a lo largo de la experiencia, por lo que conviene que sea una sola persona quien se encargue de esta actividad.

El número de hojas por individuo y de individuos por especie es idéntico al punto anterior.

---

---

## Tallo

### *Contenido de agua*

El contenido de agua de los tallos terminales calculado como PF (Peso Fresco) – PS (Peso Seco) es un carácter más sencillo de calcular y más apropiado para trabajar en la escuela que el contenido de materia seca (Cornelissen *et al.*, 2003). Estos mismos autores señalan que son parámetros críticos que indican la facilidad con que una planta produce una llama y comienza a quemarse, por lo que contribuyen significativamente a los regímenes de fuego. Debido a esta misma característica tienen un impacto ecológico y económico de importancia.

La forma de trabajar es idéntica que para el carácter área foliar, solo que hay que pesar las hojas en su peso fresco (es decir, apenas son cortadas) antes de ponerlas a secar.

Una forma más elaborada de considerar el contenido de agua de la planta es en relación a lo que el tejido, dada su estructura y condiciones particulares, puede llegar a tener. Esto se denomina Contenido Relativo de Agua (CRA) y se calcula como  $(PF-PS)*100 / (P_{sat}-PS)$ , donde PF es el peso fresco; PS el peso seco; y  $P_{sat}$ , el peso saturado. Es decir,  $P_{sat} - PS$  es la máxima cantidad de agua que puede tener el tallo, y  $PF - PS$  es la que verdaderamente tiene. El  $P_{sat}$  se determina colocando las hojas en PF dentro de una cámara húmeda para que se hidraten. Hasta que lleguen a un peso constante se recomienda colocarlas en un frasco de vidrio cerrado (o cápsula de petri) con un algodón embebido en agua.

La forma de calcular los otros pesos y obtener los promedios es la misma que la indicada para el área foliar.

---

**Cuadro 5.** Caracteres funcionales de plantas que pueden estudiarse en el patio escolar, procedimientos de medición y criterios de interpretación en el contexto del funcionamiento ecosistémico.

### ***¿Cómo analizar los caracteres funcionales?***

Un nivel de análisis de la diversidad funcional puede circunscribirse a la riqueza de tipos funcionales. Por ejemplo, en el caso del punto 1 del Cuadro 5, podemos mencionar que un área determinada del patio que tiene gramíneas, dicotiledóneas herbáceas, arbustos y epífitas es más rica que otra que tiene solo especies de las dos primeras. Por otro lado, si calculamos las abundancias de las especies para cada uno de los caracteres funcionales expresados, podremos calcular un índice de diversidad como el de Simpson, pero con datos que representan la abundancia relativa de cada uno de los caracteres funcionales. Una descripción detallada del cálculo de este índice en el ámbito escolar se presenta en Bermúdez (2007), donde se estudia la diversidad de especies en zonas del patio con diferentes niveles de disturbio.

Como ya hemos mencionado, al hablar de diversidad funcional cobra importancia el rango *valor máximo-valor mínimo* de los caracteres considerados; es decir, la diferencia entre sus valores extremos. Por lo tanto, otro nivel de análisis que puede llevarse a cabo consiste en determinar el valor promedio de, por ejemplo, la altura de la planta, el área foliar específica y la dureza de las seis especies analizadas por sitio –cada valor calculado, a su vez, como el promedio de cinco individuos–. De la misma manera puede calcularse el rango para los sitios –tres por área– y áreas de estudio –promedio de los rangos de los tres sitios que incluye– para cada uno de los caracteres funcionales.

Si los conocimientos estadísticos de los alumnos lo permiten, otra medida interesante de la dispersión de los valores de una variable es el coeficiente de variación, calculado como el cociente entre el promedio y el error estándar, multiplicándolo por cien.

Más adelante, sería conveniente que se realizaran gráficos de frecuencias de los tipos, caracteres funcionales e índices y rangos con estos últimos, de forma que se facilite la comparación de las áreas de estudio. Por otro lado, pueden calcularse índices de diversidad de especies para cotejarlos luego con los índices de diversidad funcional, siempre interpretando los resultados desde las teorías y haciendo nuevas inferencias.

## Consideraciones finales

---

La biodiversidad es un tema candente en la comunidad de científicos, ya que está en constante actualización y acumulación de conocimientos teóricos y metodológicos, al punto que se ha comenzado a hablar de la biodiversidad como ciencia. Las evidencias que señalan la importancia de su conservación para la vida presente y futura del ser humano son contundentes.

Trabajar didácticamente sobre la selección y organización de un contenido como el de biodiversidad exige la revisión disciplinar, una adecuada transposición y la elección de un enfoque que le otorgue a la propuesta de enseñanza un sentido ecológico y social.

Para ello el docente de Biología debe contemplar criterios lógicos, psicológicos y socio culturales a la hora de tomar decisiones sobre el conocimiento a enseñar. En el marco de los mismos deben establecerse los niveles de complejidad del contenido prescrito desde los diseños curriculares.

Lo anterior convierte al enseñante en un mediador calificado en la construcción del conocimiento, ya que es quien recupera el conocimiento cotidiano y lo proyecta hacia el científico desde una propuesta académica y desde las interacciones que genera en el aula.

La biodiversidad como objeto de enseñanza, tal como lo presentamos, plantea la necesidad de una revisión de los diseños didácticos y abre el interrogante sobre qué aspectos de este tema incluir en los procesos de formación docente.

## Referencias bibliográficas

---

- Bermúdez, G. (2007). Construyendo comprensiones maestras en Ecología. Resolución de situaciones problemáticas sobre biodiversidad y perturbaciones. En: A. L. de Longhi y M. P. Echevarriarza (Comps.). *Diálogo entre diferentes voces. Un proceso de formación docente en Ciencias Naturales en Córdoba-Argentina* (pp. 87-110). Unesco. UNC. Córdoba: Universitas Libros.
- Bermúdez, G. y De Longhi, A. L. (2006a). Magia y catástrofe en la comprensión ingenua de factores estructuradores de los ecosistemas. En: *VII Jornadas Nacionales y II Congreso Internacional de Enseñanza de la Biología "La educación en biología: desafíos y propuestas para una práctica educativa renovadora"*. ADBiA. 11 al 14 de octubre. Neuquén, Argentina.
- \_\_\_\_\_ (2006b). La comprensión de los métodos ecológicos en el planteo de estrategias contra la pérdida de la diversidad biológica. En: *VII Jornadas Nacionales y II Congreso Internacional de Enseñanza de la Biología "La educación en biología: desafíos y propuestas para una práctica educativa renovadora"*. ADBiA. 11 al 14 de octubre. Neuquén, Argentina.
- \_\_\_\_\_ (2005). De la ingenuidad a la maestría. Niveles y dimensiones de la comprensión de cuestiones ecológicas en la escuela media. [Conferencia] En: *Tercer Encuentro de Investigadores en Didáctica de la Biología*. 9 y 10 de diciembre. Buenos Aires. Disponible en: [http://www.adbia.com.ar/eidibi\\_archivos/aportaciones/com\\_orales/trabajos\\_completos/berm\\_dez\\_de\\_Longhi\\_co.pdf](http://www.adbia.com.ar/eidibi_archivos/aportaciones/com_orales/trabajos_completos/berm_dez_de_Longhi_co.pdf)
- Chapin, F. S. III; Zavaleta, E. S.; Eviner, V. T.; Taylor, R. L. et al. (2000). Consequences of changing biodiversity. En: *Nature* (405), 234-242.
- Chevallard, I. (1991). *La Transposición Didáctica. Del saber sabio al saber enseñado*. Buenos Aires: Aique.
- Convention on Biological Diversity (2001-2005). *Secretariat of the Convention on Biological Diversity. United Nations Environment Programme*. Disponible en: <http://www.biodiv.org/convention/default.shtml#>

Cornelissen, J. H. C.; Lavorel, S.; Gernier, E.; Díaz, S. *et al.* (2003). A handbook of protocols for standardised and easy measurement of plant functional traits worldwide. En: *Australian Journal of Botany* (51), 335-380.

Costanza, R.; D'arge, R.; De Groot, R.; Farber, S. *et al.* (1997). The value of the world's ecosystem services and natural capital. En: *Nature* (387), 253-260.

De Longhi, A. L. (2007). Gestión de un proceso de formación docente para ciencias naturales. En: A. L. de Longhi y M. P. Echevarriarza (Comps.). *Diálogo entre diferentes voces. Un proceso de formación docente en Ciencias Naturales en Córdoba-Argentina* (pp. 11-34). Unesco. UNC. Córdoba: Universitas Libros.

\_\_\_\_\_ (2000). La construcción del conocimiento un problema de Didáctica de las Ciencias y de los profesores de Ciencia. En: *Revista de Educación en Biología* 3 (1), 13-21.

\_\_\_\_\_ (1995). *La construcción del conocimiento en el aula: un esquema y proceso de análisis* [Tesis de Doctorado]. Universidad Católica de Córdoba.

De Longhi, A. L. y Ferreyra, A. (2002). La formación de docentes de ciencia en Argentina. Problemáticas asociadas a su transformación. En: *Journal of Science & Education*, 2 (3), 95-98.

Di Castri, F. y Younés, T. (Eds.), (1996). Introduction: biodiversity, the emergence of a new scientific field: Its perspectives and constraints. En: *Biodiversity, science and development: towards a new partnership* (pp. 1-11). Cambridge: CAB Internations & IUBS.

Díaz, S.; Fargione, J.; Chapin III, F. S. y Tilman, D. (2006). Biodiversity loss threatens human well-being. En: *PLOS Biology*, 4 (8), 1300-1305.

Díaz, S. y Cabido, M. (1997). Plant functional types and ecosystem response to global change: a multiscale approach. En: *Journal of Vegetation Science* 8, 463-474.

\_\_\_\_\_ (2001). Vive la différence: plant functional diversity matters to ecosystem processes. En: *Trends in Ecology & Evolution*, 16 (11), 646-655.

Díaz, S.; Gurvich, D. E.; Pérez-Harguindeguy, N. y Cabido, M. (2002). ¿Quién necesita tipos funcionales de plantas? En: *Boletín de la Sociedad Argentina de Botánica*, 37 (1-2), 135-140.

Díaz, S. (2001a). Ecosystem function, measurement, terrestrial communities. En: S. Levin (Ed.). *Encyclopaedia of Biodiversity* (v. 2), 321-344. San Diego: Academic Press

- \_\_\_\_\_ (2001b). Does biodiversity matter to terrestrial ecosystem processes and services? En: W. Steffen, J. Jäger, D. Cason y C. Bradshaw (Eds.). *Challenges of a changing Earth: Proceedings of the Global Change Open Science Conference* (pp. 165-167). Amsterdam: Springer.
- Duschl, R. A. (1997). *Renovar la enseñanza de las Ciencias: Importancia de las teorías y su desarrollo*. Madrid: Narcea.
- Ernst, R.; Linsenmair, E. y Rödel, M. O. (2006). Diversity erosion beyond the species level: Dramatic loss of functional diversity after selective logging in two tropical amphibian communities. En: *Biological Conservation* (133), 143-155.
- Feinsinger, P.; Margutti, L. y Oviedo, R. D. (1997). School yards and nature trails: ecology education outside the university. En: *Trends in Ecology & Evolution*, 12 (3), 115-120.
- Forman, R. T. T. (1995). *Land mosaics: the ecology of landscapes and regions*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Gagliardi, R. (1986). Los conceptos estructurales en el aprendizaje por investigación. En: *Enseñanza de las Ciencias*, 4 (1), 30-35.
- Ghilarov, A. M. (1996). What does biodiversity means, scientific problem or convenient myth? *Trends in Ecology & Evolution* (11), 304-306.
- Gitay, H.; Wilson, B. J. y Lee, W. G. (1996). Species redundancy: a redundant concept? En: *Journal of Ecology* (84), 121-124.
- Grime, J. P. (1997). Biodiversity and ecosystem function: the debate deepens. En: *Science* (277), 1260-1261.
- Hamilton, A. (2005). Species diversity or biodiversity? En: *Journal of Environmental Management* (75), 89-92.
- Heywood, V. H. (1998). *Global biodiversity assessment*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Hooper, D. U.; Solan, M.; Symstad, A. J.; Díaz, S.; Gessner, M. O. et al. (2002). Species diversity, functional diversity and ecosystem functioning. En: M. Loreau, S. Naeem y P. Inchausti (Eds.). *Biodiversity and ecosystem functioning: Syntheses and perspectives* (pp. 195-208). Oxford: Oxford University Press.
- Jiménez, M. P. y Sanmartí, N. (1997). ¿Qué ciencia enseñar?: objetivos y contenidos de la educación secundaria. En: L. del Carmen (Coord.). *Cuadernos de formación del profesorado. Educación secundaria* (pp. 17-43). Barcelona: ICE/HORSORI.

Joshua, S. y Dupin, J. (1993). *Introducción á la didactique des sciences et des mathematiques*. Paris: PUF.

Lavorel, S.; McIntyre, S.; Landsberg, J. y Forbes, T. D. A. (1997). Plant functional classifications: from general groups to specific groups based on response to disturbance. In: *Trends Ecology & Evolution* (12), 474-478.

Lovejoy, T. E. (1980). Changes in biological diversity. En: G. O. Barney (Ed.). *The Global 2000 Report to the President the Technical Report* (v. 2), 327-332. Harmondsworth: Penguin Books.

Mallet, J. (1996). The genetics of biological diversity: from varieties to species. En: K. J. Gaston (Ed.). *Biodiversity: a biology of numbers and difference* (pp. 41-57). Oxford: Oxford University Press.

Martínez, G. J. (2007). La farmacopea natural en la salud materno-infantil de los Tobas del Río Bermejito. En: *Kurtziana*, 33 (1), 39-63.

Martínez, G. J. y Planchuelo, A. M. (2003). La medicina tradicional de los criollos campesinos de Paravachasca y Calamuchita, Córdoba (Argentina). En: *Scripta Ethnologica* (25), 83-116.

Ministerio de Educación y Cultura (1998). *Dirección de Planeamiento y Estrategias Educativas. Propuestas Curriculares para Nivel Inicial, Primario, Ciclo Básico Unificado y Ciclo de Especialización*. [Documento oficial] Gobierno de Córdoba.

Miller, J. R. (2005). Biodiversity conservation and the extinction of experience. En: *Trends in Ecology & Evolution*, 20 (8), 430-434.

Moreno, C. E. (2001). *Métodos para medir la biodiversidad* (v. 1). Zaragoza: M&T-Manuales y Tesis SEA.

Noerse, P. J. y McManus, R. E. (1980). Ecology and living resources: Biological diversity. In: *Environmental Quality 1980: The Eleventh Annual Report of the Council on Environmental Quality* (pp. 31-80). Washington: Council of Environmental Quality.

Norse, E. A.; Rosenbaum, K. L.; Wilcove, D. S.; Wilcox, D. S. et al. (1986). *Conserving biological diversity in our national forests*. Washington: The Wilderness Society.

Petchey, O. L. y Gaston, K. J. (2002). Functional diversity (FD), species richness and community composition. In: *Ecology Letters* (5), 402-411.

\_\_\_\_\_ (2006). Functional diversity: back to basics and looking forward. En: *Ecology Letters* (9), 741-758.

- \_\_\_\_\_ (2007). Dendrograms and measuring functional diversity. En: *Oikos* (116), 1422-1426.
- Pimentel, D.; Wilson, C.; Mc. Cullum, C.; Huang, R. et al. (1997). Economic and environmental benefits of biodiversity. En: *Bioscience*, 47 (11), 747-757.
- Pyle, R. M. (1993). *The Thunder Tree: Lessons from an urban wildland*. Boston: Houghton Mifflin.
- Rohde, G. M. (1996). *Epistemología ambiental: uma abordagem filosófica-científica sobre a efetuacao humana alopoiética*. Porto Alegre: EDIPUCRS.
- Secretariat of the Convention on Biological Diversity (2003). *Interlinkages between biological diversity and climate change. Advice on the integration of biodiversity considerations into the implementation of the United Nations Framework Convention on Climate Change and its Kyoto protocol*. Montreal: SCBD, CBD Technical Series no. 10.
- Solbrig, O. T. (1991). The origin and function of biodiversity. En: *Environment* (33), 16-38.
- Spellerberg, I. F. (1991). *Monitoring ecological change*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Terradas, J. (2001). *Ecología de la vegetación. De la fisiología de las plantas a la dinámica de las comunidades y paisajes*. Barcelona: Omega.
- Tilman, D. (2001). Functional diversity. En: S. A. Levin (Ed.). *Encyclopedia of Biodiversity* (v. 3), 109-120. San Diego: Academic Press.
- Turner, M. G. y Gardner, R. H. (1991). Quantitative methods in landscape ecology. En: *Ecological Studies* (82). New York: Springer-Verlag.
- Walker, B.; Krinzig, A. y Langridge, J. (1999). Ecosystem function and plant attribute diversity: the nature and significance of dominant and minor species. En: *Ecosystems* (2), 95-113.



# Contribuciones de la enseñanza fundamentada en modelación para el desarrollo de la capacidad de visualización

*Rosária Justi, Poliana F. M. Ferreira<sup>1</sup>*

*Ariadne S. Queiroz<sup>2</sup>*

*Paula C. C. Mendonça<sup>3</sup>*

## Representaciones y modelación en Ciencias

---

En ciencias, podemos decir que un “modelo” es una representación parcial de una idea, objeto, evento, proceso o sistema creado con un objetivo específico (Gilbert, Boulter y Elmer, 2000). Los modelos se usan para numerosas funciones, siendo algunas de las más importantes simplificar fenómenos complejos (Rouse y Morris, 1986), favorecer la visualización de entidades abstractas (Bent, 1984; Francoeur, 1997), fundamentar la interpretación de resultados experimentales (Tomasi, 1988), consolidar el desarrollo de explicaciones, fundamentar la proposición de posibles predicciones (Mainzer, 1999), entre otras.

Como representaciones, los modelos son generados a partir de ideas, de construcciones internas en la mente del individuo. Por eso se hace necesario realizar la distinción entre modelos mentales –las representaciones que existen solamente en la mente de cada individuo– y modelos expresos –aquellos que son comunicados a través de cualquier modo de representación: concreto (tridimensional), visual (bidimensional), computacional (pseudo-tridimensional), verbal, matemático, gestual– o combinaciones de esos modos (Gilbert y Boulter, 1995). La expresión de los modelos en algunos de esos modos de representación contribuye significativamente a que entidades inaccesibles o abstractas puedan ser visualizadas.

En química, especialmente, diferentes conceptos e ideas complejas y abstractas requieren, para su comprensión y comunicación, el empleo de modelos concretos, visuales y/o computacionales. Para los científicos, las múltiples representaciones son familiares, y transitan entre ellas de manera natural, pues esto es inherente al propio proceso de investigación científico.

---

1 Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, Brasil.

2 Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, Brasil.

3 Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, Brasil.

Al estudiar un determinado fenómeno, un químico (como los demás científicos) parte, en general, de representaciones del fenómeno en el nivel macroscópico (producidas a partir del fenómeno en sí, que puede ser visto y manipulado). El proceso de investigación que se lleva a cabo involucra (i) la construcción de modelos para explicar las observaciones hechas y apoyar explicaciones en el nivel sub-microscópico (suministrando explicaciones sobre lo que ocurre en el sistema en términos de átomos, moléculas u otras partículas) y (ii) la representación del fenómeno en el nivel simbólico (el cual hace uso de códigos de representación adecuados). Así, el trabajo del químico involucra, de forma inherente, los tres niveles de representación: macroscópico, sub-microscópico y simbólico.

Considerando lo expuesto anteriormente, la ciencia puede ser definida como un proceso dinámico de construcción de modelos con diferentes capacidades de predicción. Tal proceso –que denominamos modelación– es idiosincrático de la función, principalmente de la influencia en la creatividad de quien lo realiza y de las particularidades de la entidad modelada. Sin embargo, analizando lo que los filósofos de la ciencia y educadores dicen sobre cómo el conocimiento científico se desarrolla (Lawson, 2000; Nersesian, 1992; Vosniadou, 1999), así como el trabajo de científicos que elaboraron conocimientos significativos, es posible deducir algunos elementos que, organizados, producen una representación –denominada “Modelo de Modelación” (figura 1)– que posibilita una visión general sobre cómo los científicos efectúan tal proceso.

Como se enfatizó anteriormente, este diagrama solo presenta una visión general del proceso de producción del conocimiento científico, es decir, no es un algoritmo a ser seguido rígidamente para producir conocimiento. Asumiendo que la producción del conocimiento es un proceso dinámico, las etapas presentadas en el diagrama no siguen, necesariamente, una secuencia lineal, y como queda demostrado en la figura, tampoco unidireccional.

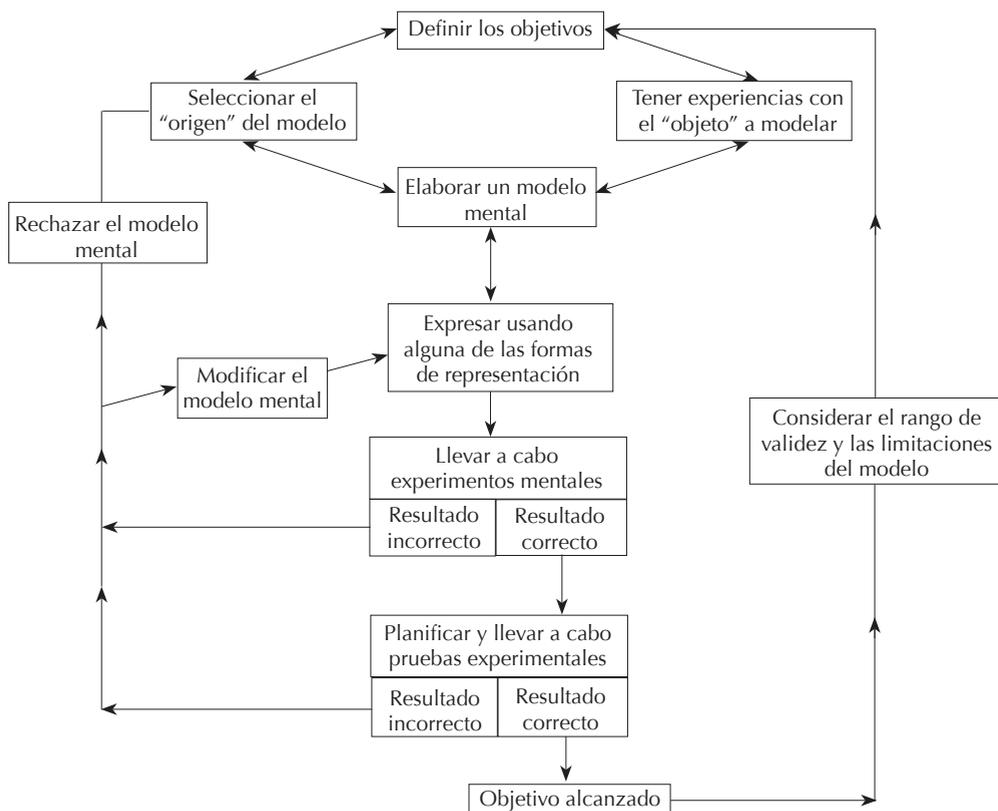


Figura 1. Diagrama de Modelo de Modelación (Justi y Gilbert, 2002, p. 371).

Analizando el diagrama se percibe que, inicialmente, es necesario definir los objetivos para los cuales el modelo será construido. Posteriormente, la persona que va a realizar la modelación debe tener alguna experiencia con el fenómeno a ser modelado (blanco) a través de observaciones o de la adquisición de informaciones presentes en su propia estructura cognitiva o por fuentes externas. A partir de (i) la obtención y organización de experiencias relevantes, (ii) la selección de un origen adecuado (por ejemplo, una analogía) y (iii) la creatividad y razonamiento individual, se puede elaborar un modelo mental inicial. Después, la siguiente decisión a tomar está relacionada con el modo de representación del modelo mental.

Después de socializar el modelo, el siguiente paso es ponerlo a prueba. Esta etapa de pruebas puede suceder a través de experimentos mentales, es decir, de procesos de razonamiento basados en “resultados” de experimentos orientados a la construcción de conocimiento (Reiner y Gilbert, 2000) y/o de experimentos empíricos (caracterizados por actividades prácticas,

seguidas de la recolección y análisis de datos y por la evaluación de los resultados producidos en relación a las predicciones derivadas del modelo). Esta etapa puede ser caracterizada por la ocurrencia sucesiva de estos dos tipos de pruebas o por la utilización de un único tipo. Eso va a depender, entre otros factores, del tema del modelo, de los recursos disponibles y de los conocimientos previos del individuo o grupo de individuos que conduce el proceso. En caso de que las predicciones elaboradas a partir del modelo inicial no sean compatibles con los resultados obtenidos en las pruebas, se hace necesario modificar el modelo, volviendo a las etapas anteriores del ciclo, o proponer uno nuevo, retomando la etapa inicial del proceso. Por otro lado, si el modelo expuesto tiene éxito en la fase de prueba, este satisface los propósitos establecidos inicialmente. Después de la obtención de un modelo bien estructurado, este deberá ser presentado a otras personas, quienes reconocerán (o no) su validez, identificando lo que el modelo es capaz de explicar y sus posibles limitaciones.

## Representaciones y modelación en la enseñanza de la química

---

Actualmente, en todo el mundo se viene defendiendo la necesidad de que la enseñanza de ciencias sea más auténtica, es decir, que se encuentre más próxima a la manera como la ciencia es construida (Gilbert, 2004), que favorezca el desarrollo de un conocimiento, que lejos de la memorización de hechos, ecuaciones y procedimientos, ayude al alumno a comprender mejor el mundo y su entorno, favoreciendo la búsqueda e interpretación de informaciones diversas y fomentando en él una postura crítica en su medio. Considerando lo expuesto anteriormente, creemos que una de las maneras más auténticas de contribuir a una enseñanza de ciencias es fundamentándola en actividades de modelación. Esto debido a que la participación de los alumnos en actividades de modelación, les permitirá elaborar sus propios modelos, evaluarlos en relación a otros (incluyendo, cuando se hace necesario, el presentado por el profesor), entender cómo y por qué los modelos químicos fueron y son elaborados. En otras palabras, ellos pueden aprender sobre cómo se produce el conocimiento químico sobre el modo de pensar científicamente. Además de eso, la inmersión en tal proceso puede ayudar a los estudiantes a aprender temáticas centrales y abstractas en ciencias de una manera más participativa. En otras palabras, la construcción de modelos es una actividad poderosa para enganchar a los alumnos en actividades encaminadas a “hacer ciencia”, “pensar sobre ciencias” y desarrollar “pensamiento científico y crítico”.

La enseñanza de la química –una ciencia que es abstracta debido a la imposibilidad de acceso y/u observación directa de sus objetos de estudio–

tiene como uno de sus principales desafíos favorecer la comprensión en torno al supuesto de que una determinada realidad puede ser modelada a través de diferentes modos de representación. Además de esto, los estudiantes deben desarrollar habilidades para transitar entre estos modos de representación y comprender las ventajas y limitaciones de cada uno de ellos en contextos diferentes –habilidades estas, difíciles de ser desarrolladas (Johnstone, 1982), pues las explicaciones de los fenómenos y procesos están casi siempre en el nivel sub-microscópico– que no pueden ser observados, pero sí descritos y explicados con modelos mentales, muchas veces expresados a través de símbolos. Sin embargo, investigaciones en esta área evidencian, por ejemplo, que los alumnos son capaces de operar mentalmente en los niveles macro y simbólico, pero encuentran dificultades en relacionarlos con las representaciones equivalentes al nivel sub-microscópico; que los expertos son mucho mejores que los principiantes para transformar un modo de representación en otro (Kozma y Russell, 1997); y que estudiantes inexpertos, que no hacen uso de múltiples representaciones, utilizan aquella que les parece más familiar o simplificada (Treagust y Chittleborough, 2001). En este sentido, sugerimos que el uso de modelos en la enseñanza de química puede contribuir a facilitar la visualización, es decir, la formación de imágenes mentales de entidades abstractas y, a partir de eso, la comprensión de la naturaleza, propiedades y comportamiento de las mismas. Tales planteamientos apoyan la idea de que aprender química consiste en encontrar sentido a lo invisible y a lo intocable (Kozma y Russell, 1997). Esto implica que el uso de representaciones en la enseñanza de la química debe ser inherente al proceso de aprendizaje y que las relaciones entre los tres niveles de representación –sub-microscópico, macroscópico y simbólico– son esenciales para el desarrollo del conocimiento de los estudiantes y para que comprendan el proceso de construcción de la ciencia.

De lo anterior surge la necesidad de promover en ellos la construcción y comprensión de representaciones para el desarrollo y entendimiento de modelos. En ese sentido, y tomando como referencia nuestra creencia de que actividades de modelación podrían ayudar a los estudiantes en la elaboración de representaciones, un abordaje de la enseñanza fundamentada en la modelación fue propuesta a partir del referente teórico brevemente presentado anteriormente.

### **Objetivo**

Considerando el potencial que tienen las actividades de modelación para el desarrollo del conocimiento de contenidos específicos, y especialmente de aquellos conocimientos asociados al uso de representaciones en química, este trabajo presenta un análisis de la aplicación de una estrategia

de enseñanza fundamentada en actividades de modelación, enfocado hacia el proceso de representación implicado en la misma. En este análisis se propone evidenciar elementos del proceso de enseñanza que pueden haber contribuido al desarrollo del conocimiento sobre los niveles de representación usados en ciencias (macroscópicas, sub-microscópico y simbólicas), así como la posible contribución del uso de esas representaciones al desarrollo del conocimiento químico.

La estrategia citada anteriormente fue desarrollada en la enseñanza de la temática de enlace iónico, el cual presenta un alto grado de abstracción, y que por ende requiere de la construcción de múltiples y diferentes representaciones que permitan una comprensión amplia del mismo.

### ***Caracterización de la situación de enseñanza***

El concepto de “enlace iónico” fue escogido por ser, de acuerdo con la literatura (Coll y Treagust, 2003; Taber, 1994, 1997), uno de los conceptos que presenta mayor grado de dificultad para su aprendizaje, por lo que los estudiantes desarrollan incontables concepciones inadecuadas. Buscando evitar que tales concepciones fueran desarrolladas en la enseñanza de este tema, se diseñaron actividades que tenían por objetivo llevar al alumno a la construcción de modelos con base en sus conocimientos previos y en nuevas informaciones suministradas en el contexto de enseñanza. Creíamos que, de esa manera, podrían evitarse posibles concepciones alternativas y que los alumnos podrían aprender significativamente del tema a través de las oportunidades de construcción de modelos (tanto sobre contenido como sobre una de las maneras a través de las cuales la ciencia es construida).

En la elaboración de la estrategia de enseñanza sobre el enlace iónico, se consideraron como prerequisites el modelo cinético-molecular; el modelo atómico de Bohr y la distribución electrónica en niveles de energía; la utilización de la tabla periódica y las propiedades periódicas como energía de ionización, afinidad electrónica y radio atómico; los electrones de valencia y la Ley de Coulomb. Además de estos contenidos correspondientes a la química, para el buen desempeño de los alumnos era necesario que tuvieran un conocimiento mínimo sobre modelos<sup>4</sup> y modelación<sup>5</sup>.

---

4 Se esperaba que tuviesen una noción sobre qué son los modelos (representación parcial de la realidad con una finalidad específica), de sus funciones (visualización, comunicación, síntesis de datos, explicaciones y predicciones), del carácter provisional de los mismos y del hecho de que puede existir más de una representación para un mismo fenómeno.

5 Es importante que el alumno tenga la oportunidad de modelar una entidad no química antes del modelaje de un sistema químico, para que pueda concentrarse en la tarea de modelar y desarrollar habilidades para el modelaje.

El diagrama de “Modelo de Modelación” fue utilizado como referente teórico en el proceso de elaboración de la estrategia para la enseñanza del enlace iónico. Además de esto, se tomaron en consideración datos sobre la energía involucrada en la formación de sustancias iónicas y de diferentes redes cristalinas de los compuestos iónicos. Cada una de las seis actividades que estructuran la estrategia para la enseñanza de la temática de enlace iónico, fue elaborada contemplando el proceso de modelación, sin que las mismas fueran explicitadas a los estudiantes.

En la *Actividad 1*, a partir del experimento de “Quema un pedazo de cinta de magnesio”, los alumnos deberían percibir la relación entre la disminución de la energía y estabilidad en la formación de una sustancia a partir de los átomos aislados. En términos del diagrama “Modelo de Modelación”, esto significa “tener experiencias con el blanco”, en el sentido de desarrollar o de disponer de algunos de los requisitos necesarios para la construcción de modelos de enlace iónico.

En la *Actividad 2*, ellos deberían proponer un modelo para formación de los iones  $\text{Na}^+$  y  $\text{Cl}^-$  a través de los datos de energía de ionización y afinidad electrónica. Las etapas del diagrama contempladas en esta actividad son “Definir los objetivos” (algo hecho por el profesor), “Producir un modelo mental” a través del conocimiento y de la integración de las ideas anteriores y “Expresar el modelo en alguno de los modos de representación”.

El enfoque directo en torno al concepto de enlace iónico se inició en la *Actividad 3*, cuando los alumnos tuvieron que proponer un modelo que evidenciara cómo sería la interacción entre estos iones para la formación del cloruro de sodio. Por tanto, se les invitó a pensar en lo que ocurre en el sistema “sal de cocina disuelta en agua, cuando el agua es evaporada”. La selección de este sistema se debió a que sus iones constituyentes son simples y familiares a los alumnos y porque consideremos que sería más fácil para ellos construir un modelo para el cloruro de sodio, a partir de ejemplificaciones que involucran fenómenos cotidianos. Al justificar el modelo, los estudiantes, más de una vez, tendrían la oportunidad de relacionar fuerzas de atracción y repulsión, energía y estabilidad del sistema. Para la realización de esta actividad, se dispusieron ante los alumnos varios materiales (por ejemplo, bolas de icopor de diferentes tamaños, palillos, plastilina, colores). Además, tenían la posibilidad de pedir materiales adicionales. Esta decisión fue tomada buscando favorecer la creatividad de los alumnos y ayudarlos a expresar sus ideas. En términos del diagrama “Modelo de Modelación”, esto significa “producir un modelo mental” y expresarlo “en algún modo de representación”.

La *Actividad 4* fue elaborada buscando atender dos objetivos principales. El primero, relacionado con la comprensión de la importancia de probar el modelo. Aún sin presentar el diagrama a los alumnos, una de nuestras metas era que ellos percibieran, mediante las acciones realizadas a lo largo del proceso, cuáles son las etapas más importantes de la elaboración de un modelo. El segundo objetivo era probar el modelo para el cloruro de sodio sólido utilizando una propiedad física significativa de las sustancias iónicas (alta temperatura de fusión), pues los conocimientos que de ahí se derivan, podrían ayudar a los estudiantes a percibir la importancia del estudio de los enlaces químicos para entender el comportamiento de los materiales. Así, lo que esperábamos de esta actividad era que los alumnos percibieran la coherencia y el poder explicativo de sus modelos y no que llegaran a un consenso o acuerdo común acerca del modelo para el cloruro de sodio, ni sobre la explicación para la temperatura de fusión.

De acuerdo con la literatura (Coll y Treagust, 2003; Taber, 1994, 1997), era de esperarse que los alumnos construyeran modelos del tipo “molécula de NaCl” y que no pasarían la prueba<sup>6</sup>. Al suministrar más elementos para la reformulación de los modelos de “molécula de NaCl”, la siguiente información fue presentada a los alumnos en la *Actividad 5*: “En el proceso de formación de pares de cloruro de sodio a partir de un mol de iones  $\text{Na}^+$  y  $\text{Cl}^-$  se libera una cantidad de energía igual a 104,5 kcal/mol. Sin embargo, cuando la substancia de cloruro de sodio se forma, se obtiene experimentalmente que la cantidad de energía liberada es de 206 kcal/mol”. Nuestro presupuesto era que estos datos serían esenciales para que los estudiantes pudieran pensar que existe otra forma de organización más estable que la resultante de la simple atracción de un ión  $\text{Na}^+$  y un ión  $\text{Cl}^-$ , o simplemente para confirmar la validez de sus modelos.

Finalmente, en la *Actividad 6* los alumnos deberían probar el modelo propuesto en la *Actividad 5*, usando éste para explicar la elevada temperatura de fusión del cloruro de sodio. Además, ellos deberían argumentar el hecho de que los compuestos iónicos sean duros, quebradizos y que presenten planos de clivaje. En términos del diagrama “Modelo de Modelación”, esta última actividad proporcionó a los estudiantes la oportunidad de conducir “experimentos mentales” y de “considerar los alcances y las limitaciones de un modelo”, observando que los replanteados por los alumnos (en esta o en la actividad anterior) deberían ser aplicados en un nuevo contexto<sup>7</sup>.

6 La temperatura de fusión del cloruro de sodio es de 80°C. Para explicar este valor es necesario un modelo que tenga en consideración una estructura con varios enlaces fuertes, lo cual no se aplica al modelo molecular del NaCl.

7 Para obtener más detalles sobre la estrategia de enseñanza, ver Justi y Mendonça (2007), Mendonça y Justi (2007) y Justi (2007).

En esta última actividad, la profesora discutió las principales características del modelo electrostático para los compuestos iónicos y también el tipo de estructura de otras sustancias iónicas.

La investigadora 4 (PCCM) era profesora del curso con el cual se desarrolló la presente investigación. Por tanto, era quien tenía el conocimiento de los contenidos abordados durante este año lectivo. El aula en la que se aplicó la estrategia de enseñanza fue el segundo año de secundaria de una escuela pública federal, localizada en una ciudad brasileña, constituida por 32 estudiantes, quienes siempre trabajaron en grupos de 5 a 6 integrantes fijos. La mayoría de ellos no había estudiado enlace químico en esta escuela<sup>8</sup>.

### ***Recolección de datos***

Después de la aprobación del proyecto por el Comité de Ética en Investigación de la universidad y de la firma que otorga el Consentimiento Libre e Informado por parte de los estudiantes y de sus responsables (padre o tutores), las clases fueron filmadas por otra investigadora (PFMF), quien orientaba las discusiones entre alumnos y entre ellos y la profesora. También fueron acopiados todos los resultados escritos, elaborados por los alumnos en cada una de las actividades, además de los apuntes de campo realizados por la profesora y por la otra investigadora, en donde se registraron sucesos importantes de las clases.

### ***Análisis de datos***

Los datos recolectados fueron integrados a la elaboración de los estudios de caso para cada uno de los grupos. Estos estudios de caso pretendían caracterizar el proceso de construcción del conocimiento por parte de los alumnos en torno al concepto de enlace iónico. La elección de estudios de caso y su estructuración, se hizo por ser esta una forma de presentar una rica descripción de los acontecimientos, organizándolos en una narrativa cronológica (Cohen, Manion y Morrison, 2000). Esto hizo posible identificar los elementos que contribuyeron para el desarrollo de las ideas de los estudiantes a lo largo del proceso de enseñanza.

El análisis de los estudios de caso fue realizado buscando evidenciar cómo los diferentes niveles de representación fueron usados y relaciona-

---

8 Algunos alumnos habían estudiado ese tema en la enseñanza fundamental, en el año primero de enseñanza media en otra institución escolar o en el curso preparatorio para el ingreso a esa escuela. Los mismos alumnos reconocerán, en las discusiones con la profesora, que no recordaban lo que habían estudiado antes. Y lo que habían visto sobre el tema, no contribuyó al desarrollo de sus modelos.

dos en la construcción del conocimiento, destacando los momentos en que dicha construcción de representaciones realizada por los estudiantes fue favorecida por el proceso de enseñanza, y cómo estas contribuyeron para el desarrollo del conocimiento del contenido objeto de trabajo.

Las etapas de los estudios de caso que apoyaron el análisis propuesto en el presente trabajo, fueron aquellas en las que los alumnos construyeron y presentaron sus modelos para el grupo, especialmente en los contextos de las actividades 3, 4, 5 y 6.

### ***Presentación y discusión de algunas de las representaciones elaboradas por los estudiantes<sup>9</sup>***

El análisis de los estudios de caso, mostró qué elementos se involucraron en el proceso de construcción de las representaciones y permitió identificar las contribuciones específicas que tales representaciones tuvieron en el aprendizaje de los alumnos. Algunos ejemplos de ambos aspectos serán presentados y discutidos a continuación.

El primer modelo construido por los estudiantes consistió en la representación del cloruro de sodio sólido, que fue realizado a partir de la fórmula NaCl, presentada por la profesora en la *Actividad 3*, y del conocimiento previo de los alumnos sobre los iones que constituían esa sustancia, discutido en la *Actividad 2*.

La transposición de la representación simbólica de la fórmula NaCl para modelos concretos, resultó de la elaboración de modelos de “molécula de NaCl” (es decir, un átomo de sodio unido a un átomo de cloro) por la mayoría de los grupos (5 de los 6 grupos lo representaron así). En la construcción de este modelo, los estudiantes representaron varios pares de “NaCl” una vez que, para ellos, quedó claro que el sólido era constituido por la interacción entre “las moléculas de NaCl”, lo que implicó que no se pudiera representar por un único par. En esta representación, ellos buscaron diferenciar el enlace existente entre los iones  $\text{Na}^+$  y  $\text{Cl}^-$  de las interacciones entre los pares de NaCl. Esto quedó explícito en la representación del grupo 6 (figura 2), que evidencia “enlaces” de tamaños diferentes entre las esferas.

---

9 Los alumnos se identificaron por códigos de tipo  $A_xC_y$ , donde  $x$  es el número de orden del alumno (asignado aleatoriamente) y  $t$  es el número del grupo.

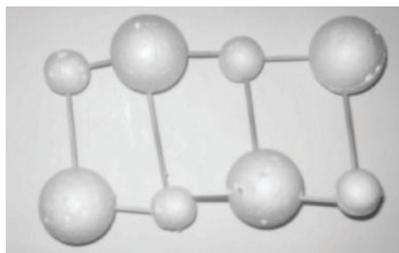
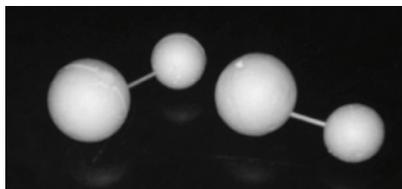


Figura 2: Modelo del grupo 6. Interacciones entre “moléculas de NaCl”.

La representación construida por el grupo 2 fue semejante a la del grupo 6. Pero debido a la dificultad de representar la interacción entre los pares de NaCl, contruidos con bolas de icopor y palos (figura 3A), el grupo optó por usar plastilina para la construcción de la representación (figura 3B).

A



B

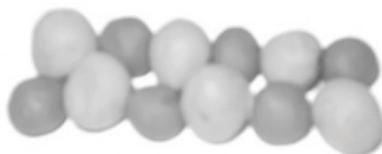


Figura 3. A y B: Modelos del grupo 2 para NaCl.

La representación construida por el grupo 2 fue semejante a aquella del grupo 6. A pesar de haber elaborado la representación mostrando la unión entre varios pares de NaCl (figura 3B), uno de los alumnos del grupo 2, sin convicción de su idea sobre cómo los pares estarían conectados entre sí, los separó y retornó la duda al grupo. En aquel momento, con base en la representación construida, la profesora inició un cuestionamiento sobre esta representación:

Profesora: ¿esas serían varias moléculas<sup>10</sup>?

A1G2: sí, de NaCl.

Profesora: ¿y aquello que usted había juntado?...

A2G2: podría ser un sólido.

Profesora: °sí!

A1G2: pero ahí parece que la fuerza de unión es igual a la interacción.

10 El término *moléculas* fue introducido en la discusión por los mismos alumnos, sin que, al principio, la profesora los corrigiese.

Este diálogo muestra cómo los códigos usados en el proceso de representación llevaron a un cuestionamiento fundamental sobre el enlace, esto es, cómo el análisis de la representación apuntó hacia el cuestionamiento de la magnitud de las fuerzas de enlace presentes en el compuesto iónico.

Luego de este diálogo, la profesora le recordó al grupo la Ley de Coulomb, a partir de la cual los estudiantes analizaron el modelo del compuesto construido por ellos (figura 3B), como resultado de la interacción entre cargas.

A pesar de que aún se mantuviera la idea de que los enlaces entre los iones  $\text{Na}^+$  y  $\text{Cl}^-$  son más fuertes que las uniones entre los pares de iones  $\text{NaCl}$ , el grupo construyó una nueva representación (figura 4) que, con base en la interpretación de la Ley de Coulomb, presentaba la diferencia en la intensidad de los enlaces a través del aumento de la distancia entre los pares. Es decir, si la unión (dentro del par  $\text{NaCl}$ ) es más fuerte que la interacción (entre pares de  $\text{NaCl}$ ), la mayor distancia de la interacción explica la menor fuerza de esta, a partir de la Ley de Coulomb.

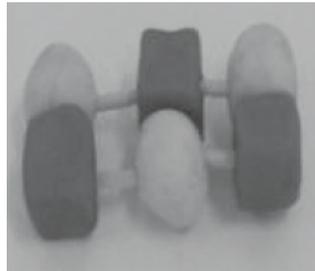


Figura 4: Modelo construido por el grupo 2, demostrando la diferencia de intensidades de los enlaces y de las interacciones a través de las longitudes de enlace.

La construcción de este modelo evidenció la transferencia realizada por los alumnos de una representación simbólica (la ecuación que expresa la Ley de Coulomb\*)<sup>11</sup> a una representación en el nivel sub-micro, en donde el análisis de la primera llevó a las modificaciones en la segunda, haciendo la representación compatible con el modelo que ellos habían construido para el enlace.

$$* F = k \frac{Q_1 Q_2}{r^2}$$

11  $F$  representa las interacciones electrostáticas entre las cargas, que son consideradas como puntiformes;  $K$  es una constante, que depende del medio,  $Q_1$  y  $Q_2$  se refieren a las cargas de las partículas y  $r$  representa la distancia entre las mismas.

El grupo 1, inicialmente representó varios pares NaCl sin que hubiese enlace entre estos, y después de la observación del modelo del grupo 3 (figura 3B) y de las discusiones de dicho grupo con la profesora, propuso un enlace para los pares iónicos en cadena (figura 5). Al cuestionarlos la profesora respecto al porqué de esta representación, los alumnos afirmaron haber modificado su modelo a partir de las ideas del otro grupo. Esto evidencia la importancia de la socialización de ideas entre los grupos para la reelaboración de sus representaciones.

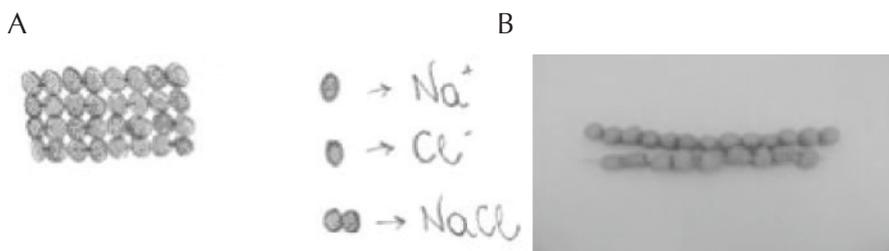


Figura 5. Modelos representados por el grupo 1: A. Diseño; y B. Concreto.

Para realizar las representaciones del compuesto NaCl, todos los grupos hicieron uso de plastilina y palillos. El uso de la plastilina fue justificado por los grupos, dadas las posibilidades que ofrece para diferenciar los “átomos Na y Cl” (sic), representando la diferencia de sus rayos iónicos, y también por la facilidad para unir las bolitas con o sin el uso de palillos (dependiendo de la representación construida). Sobre los materiales y las formas de representación utilizadas, algunos estudiantes explicitaron el conocimiento sobre las limitaciones de los medios de representación, y además, sobre la diferencia entre la representación construida, el modelo mental que habían elaborado para el sistema y la realidad:

“En verdad no existe un palito que una los átomos.”

“Los átomos no son eso (bolitas). Eso es solo una representación.”

Los conocimientos previos de los estudiantes fueron elementos que suministraron apoyos fundamentales al desarrollo de ciertas ideas, como se observó en el grupo 5, quienes a partir de la idea de que una solución acuosa de cloruro de sodio es electrolítica, concluyeron que en ella existen iones Na<sup>+</sup> y Cl<sup>-</sup>, abandonando así la idea de la existencia de moléculas de “NaCl”. Este grupo anotó, además, que el modelo de “molécula de NaCl”, a pesar de no representar el NaCl sólido (pues no señala las varias uniones existentes entre los iones), representa la proporción 1:1 del NaCl. De esta manera, el grupo reconoció la diferencia entre la representación simbólica (fórmula “NaCl”) y la estructura del compuesto (representada en dos o tres dimensiones).

Sin embargo, en la construcción del primer modelo para el NaCl sólido, el grupo 4 fue el único que construyó la representación de éste en red<sup>12</sup>, sin presentar la idea de “molécula de NaCl”. Este grupo usó representaciones diferenciadas para el nivel sub-microscópico al expresar el modelo de forma concreta (con plastilina y palillos) y bidimensional (diseñado) (figura 6).

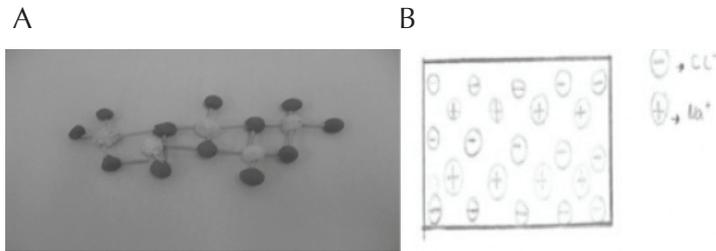


Figura 6. Modelos construidos por el grupo 4: A. Concreto; y B. Diseño.

A pesar de que en el modelo concreto la representación de los enlaces está hecha con palillos, en el dibujo estos no se representan (solo se dejó explícita la idea de atracción entre las cargas de los iones constituyentes), lo cual parece indicar que los estudiantes comprendían que los enlaces no son entidades físicas. Esto puso en evidencia una buena comprensión sobre la Ley de Coulomb (anteriormente estudiada en Física), lo que permitió que esta fuera aplicada en el nuevo contexto.

La mayoría de los alumnos desarrollaron sus ideas sobre enlace iónico como una unión en red, sin la formación de “moléculas de NaCl”, a partir de dos elementos esenciales: (i) la introducción de datos sobre las energías involucradas en la formación de pares iónicos y red iónica y (ii) la interpretación de la Ley de Coulomb y aplicación de la misma en el modelo. La profesora discutió con los grupos la relación de estos elementos con sus modelos, usando los modelos concretos construidos por ellos para poder explorar sus ideas. Lo anterior puede ser observado en la discusión con el grupo 1, cuando la profesora usó su propio modelo concreto del grupo para cuestionarlos acerca de lo que ellos pensaban en torno al proceso de fusión (si ocurre cuando se da la separación de iones o de moléculas). Para esto, la profesora manipuló el modelo construido por los estudiantes (figura 5B), simulando las dos posibilidades: moléculas separadas o iones separados. Esto proporcionó una oportunidad para que el grupo usara su modelo en la interpretación de un dato empírico.

12 El modelo en red es más próximo al modelo científico, pues reconoce la existencia de múltiples atracciones.

La evolución de las ideas de los estudiantes en torno a la formación de uniones en red, fue acompañada por la construcción de representaciones que explicitaron las diversas uniones existentes entre los iones del compuesto.

El grupo 1, al analizar la representación para el compuesto iónico diseñada en el cuadro por la profesora (semejante al dibujo de la figura 5B), llamó la atención por la limitación de la representación, justificando que el modelo debería representar una estructura tridimensional, mostrando mayor número de uniones en el compuesto (lo que explicaría la elevada temperatura de fusión de este). En este momento, fue posible percibir que estos estudiantes relacionaron un dato empírico (temperatura de fusión) con la representación sub-microscópica de la estructura, demostrando la habilidad de transitar entre el fenómeno y el modelo, probando y aplicando este último en la elaboración de explicaciones.

Durante la discusión final en el proceso de enseñanza, la profesora presentó diferentes formas de representación en los niveles macroscópico y sub-microscópico, a través del uso de fotos que representaban diversos compuestos iónicos (como la calcita,  $\text{CaCO}_3$ , hematita,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ , entre otros) y modelos bidimensionales (dibujos) que representaban las estructuras de aquellos compuestos, explicitando la geometría de sus retículos cristalinos. Representaciones diferenciadas fueron presentadas para un mismo compuesto, utilizando dibujos de modelos “esferas y bastones” y de modelos de estructura compacta. Estas representaciones fueron relacionadas entre sí y, a continuación, los estudiantes fueron incentivados a inferir la estructura de otros compuestos iónicos, teniendo en cuenta sus radios iónicos y, con eso, la distribución de iones en el retículo. A partir de esto, los estudiantes se mostraron capaces de hacer previsiones sobre la geometría de otros compuestos, conforme expresó un alumno en relación a la previsión sobre la estructura del CsCl (elaborada en comparación a la del NaCl):

*“La distancia entre los iones puede ser diferente, pero la estructura puede ser igual”<sup>13</sup>.*

Las propiedades de los compuestos iónicos (como dureza y fragilidad) fueron relacionadas con el modelo de enlace propuesto, e interpretadas a partir del mismo. Figuras y fotos de compuestos iónicos fueron usadas en la discusión sobre planos de crecimiento de los cristales y de clivaje, permitiendo establecer relaciones entre representaciones macroscópicas y sub-microscópicas. Los alumnos también observaron y manipularon modelos

13 Según el alumno, el CsCl también podría organizarse en un retículo cúbico presentando, sin embargo, una mayor distancia entre los iones  $\text{Cs}^+$  y  $\text{Cl}^-$ , en comparación con la distancia entre  $\text{Na}^+$  y  $\text{Cl}^-$ , debido a la diferencia de radios iónicos de  $\text{Cs}^+$  y  $\text{Na}^+$ .

tridimensionales para varios compuestos iónicos (como carbonato de calcio, fluoruro de calcio, sulfuro de zinc, cloruro de cesio) proporcionados por la profesora. Durante la observación de los modelos, los estudiantes mostraron una buena comprensión de los retículos analizados, identificando la proporción entre los iones en cada estructura representada y las diversas uniones realizadas en el retículo. Explicitaron la contribución que hace el uso de diferentes tipos de representación y, en especial, de la construcción de estas representaciones para la comprensión de la estructura de los compuestos:

*“Construir y usar los modelos permite observar por qué la proporción es uno a uno, si se tiene una gran cantidad de uniones.”*

Este mismo alumno afirmó que creía que no habría entendido la proporción entre los iones en la estructura de un retículo, si únicamente hubiera visto el dibujo de la estructura en el libro:

*“...yo ya había visto estos modelos en el libro del año pasado, pero de esta forma se puede entender que este modelo está correlacionado con ese, con ese y con ese (refiriéndose a la unión existente entre un ión con varios otros iones dentro del retículo).”*

Así, los mismos estudiantes reconocieron que construir, usar y manipular los modelos en las diferentes posibilidades de representación, se constituye en elementos capaces de contribuir, de forma significativa, al desarrollo y reconstrucción de sus conocimientos.

## Consideraciones finales

---

El análisis de la aplicación de la estrategia de enseñanza mostró su gran potencial para la construcción del conocimiento en torno a la temática de enlace iónico, observándose que el desarrollo gradual de tal conocimiento estuvo asociado al aumento de la capacidad de los estudiantes para integrar múltiples representaciones (construidas por ellos o dispuestas por la estrategia de enseñanza o por la propia profesora). Tal análisis evidenció que los principales elementos del proceso de enseñanza fundamentada en modelación que contribuyeron para esto fueron: (i) la presentación de datos empíricos que desencadenaron el pensamiento de los alumnos en varias actividades; (ii) la expresión de los modelos de los alumnos en por lo menos tres formas diferentes (concreta, dibujo y verbal); (iii) los cuestionamientos de la profesora; (iv) las oportunidades que los alumnos tuvieron para probar sus propios modelos; (v) las oportunidades que los alumnos tuvieron para presentar sus modelos al grupo y las discusiones que esto generaba. Por el potencial para asociar la observación de fenómenos y/o

el análisis de conceptos e ideas para la construcción de modelos, tales elementos del proceso de enseñanza brindaron a los alumnos oportunidades de (a) transitar entre diferentes niveles y formas de representación, lo que contribuyó para que ellos las comprendieran; (b) desarrollar sus habilidades para pensar en torno a algo, comunicar ideas complejas y entender que existen diferencias entre un determinado modelo y las características de la entidad que él está intentando representar, y que por ende, no hay un único modelo “correcto”; y (c) que participaran en la construcción de representaciones personales y en la discusión de la coherencia de dichas representaciones con las explicaciones científicamente aceptadas.

Además de esto, las actividades realizadas contribuyeron para que los estudiantes desarrollaran y comprobaran las capacidades asociadas al proceso de representación, que son fundamentales en el aprendizaje en química (Justi, Ferreira y Gilbert, en prensa):

#### *Construir representaciones para determinados propósitos*

Las representaciones construidas por los estudiantes, que implican la elaboración de códigos y el uso de formas de representación no estudiadas anteriormente, posibilitó el análisis de sus propios modelos mentales, desarrollando la habilidad de expresión y adecuación de sus ideas a los medios y/o formas de representación, siempre buscando atender a las necesidades y demandas de las actividades propuestas

#### *Descifrar y comprender los códigos de representaciones*

La construcción de representaciones para sus modelos, independientemente del nivel en que ocurría, requirió por parte de los estudiantes de la elaboración y el uso de códigos que expresaran sus ideas. Esto hizo que tuvieran contacto con las limitaciones inherentes al proceso de representación y, con esto, reconocieran la diferencia entre esta y el modelo original, o aún, entre esta y la propia realidad.

#### *Transformar una forma de representación en otra*

La transición entre los niveles de representación (sub-microscópico, macroscópica y simbólica) fue necesaria y evidente, tanto en la construcción como en la comunicación de los conceptos científicos y modelos, cuando los estudiantes usaron informaciones y modelos previos, expuestos bajo diferentes tipos de representación (gráfico, tabla, modelos bidimensionales), para el desarrollo de sus ideas y construcción de dichos modelos.

## *El uso de representaciones para hacer predicciones*

Muchas veces, la manipulación de los modelos concretos ayudó a los alumnos a estructurar sus ideas y a elaborar hipótesis que colaboraron con la discusión en torno a la validez de sus modelos.

La profesora tuvo un papel fundamental en este aprendizaje sobre las representaciones, en la medida en que, a lo largo del proceso, hizo referencia a las estructuras de los compuestos a partir de sus fórmulas, evidenciando las diferencias entre los tipos de representación; relacionó la estructura sub-microscópica con las propiedades macroscópicas (plano de clivaje y crecimiento de cristales) y, principalmente, cuestionó a los alumnos en relación a los códigos de representación que ellos utilizaron en cada uno de sus modelos y el significado de sus representaciones.

La consideración de nuestras conclusiones por parte de profesores de ciencias, particularmente de química, pueden sustentar modificaciones en contextos de enseñanza que tengan como objetivo brindar a los estudiantes oportunidades para elaborar sus propias representaciones para diferentes entidades o procesos, analizar la coherencia y aplicabilidad de las mismas, entender el significado de múltiples representaciones y cómo transformar unas en las otras (como ocurrió en el proceso de enseñanza fundamentada en la modelación, analizado en este trabajo). Creemos que eso podrá resultar en el desarrollo del conocimiento de los alumnos sobre el tema en estudio y sobre los procesos de construcción de conocimiento en ciencias.

### **Agradecimientos**

Las autoras 1 (RJ), 2 (PFMF) y 4 (PCCM) agradecen al CNPq por sus bolsas de investigación, doctorado y maestría, respectivamente.

### **Referencias bibliográficas**

---

Bent, H. A. (1984). Uses (and abuses) of models in teaching chemistry. En: *Journal of Chemical Education*, 61 (9), 774-777.

Cohen, L.; Manion, L. y Morrison, K. (2000). *Research Methods in Education* (5°. Ed.). London y New York: Rutledge Falmer.

Coll, R. K. y Treagust, D. F. (2003). Investigation of secondary school, undergraduate and graduate learners' mental models of ionic bond. En: *Journal of Research in Science Teaching* (40), 464-486.

- Francoeur, E. (1997). The forgotten tool: The design and use of molecular models. En: *Social Studies of Science* (27), 7-40.
- Gilbert, J. K. (2004). Models and Modeling: Routes to a more authentic science education. En: *International Journal of Science and Mathematics Education* (2), 115-130.
- Gilbert, J. K. y Boulter, C. J. (1995). *Stretching models too far*. Paper presented at the Annual Meeting of the American Educational Research Association, San Francisco.
- Gilbert, J. K.; Boulter, C. J. y Elmer, R. (2000). Positioning models in science education and in design and technology education. En: J. K. Gilbert y C. J. Boulter (Eds.). *Developing Models in Science Education* (pp. 3-17). Dordrecht: Kluwer.
- Johnstone, A. H. (1982). Macro- and microchemistry. En: *The School Science Review*, 64 (227), 377-379.
- Justi, R. y Gilbert, J. K. (2002). Modeling, teachers' views on the nature of modeling, implications for the education of modelers. En: *International Journal of Science Education*, 24 (4), 369-387.
- Justi, R. (2007). Modelagem-Uma abordagem para um ensino de ciências mais autêntico. En: *Tecné, Episteme y Didaxis*, Número extraordinario, 23-38.
- Justi, R. y Mendonça, P. C. C. (2007). *Modeling in order to learn an important sub-micro representation: the nature of the ionic bond*. Paper presented at the VI Conference of the European Science Education Research Association, Malmö, Sweden.
- Justi, R.; Ferreira, P. F. M. y Gilbert, J. K. (en prensa). The application of a 'Model of Modeling' to illustrate the importance of metavisualization in respect of the three levels of representation. En: J. K. Gilbert y D. F. Treagust (Eds.). *Chemical education: linking the representational levels of chemistry*. Dordrecht: Springer.
- Kozma, R. B. y Russell, J. (1997). Multimedia and understanding: Expert and novice responses to different representations of chemical phenomena. En: *Journal of Research in Science Teaching*, 34 (9), 949-968.
- Mainzer, K. (1999). Computational models and virtual reality-New perspectives of research in chemistry. En: *HYLE* (5), 117-126.
- Mendonça, P. C. C. y Justi, R. (2007). Transição do modelo 'NaCl molécula' para o 'NaCl em rede': Análise crítica de um processo de ensino por modelagem. En: *VI Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências*. Florianópolis.

- Reiner, M. y Gilbert, J. K. (2000). Epistemological resources for thought experimentation in science learning. En: *International Journal of Science Education*, 22 (5), 489-506.
- Rouse, W. B. y Morris, N. M. (1986). On looking into the Black Box: Prospects and limits in the search for mental models. En: *Psychological Bulletin*, 100 (3), 349-363.
- Taber, K. S. (1994). Misunderstanding the ionic bond. En: *Education in Chemistry*, (31), 100-103.
- \_\_\_\_\_ (1997). Students understanding of ionic bonding: Molecular versus electrostatic framework? En: *School Science Review* (78), 85-95.
- Treagust, D. F. y Chittleborough, G. (2001). Chemistry: a matter of understanding representations. En: *Subject-Specific Instructional Methods and Activities* (8), 239-267
- Tomasi, J. (1988). Models and Modeling in Theoretical Chemistry. En: *Journal of Molecular Structure (Theochem)* (179), 273-292.

# El cambio didáctico y la formación del profesorado de ciencias. Perspectivas actuales y futuras

*Carlos Javier Mosquera Suárez<sup>1</sup>*

## Introducción

---

En la actualidad, la literatura especializada referencia importantes debates en los cuales se ha puesto en evidencia la relevancia que tienen las problemáticas asociadas con la formación de los profesores en la medida en que se afirma que es frecuente encontrar evidencias del uso abrumador que aún persiste en el desarrollo de prácticas docentes centradas en modelos casi exclusivamente ubicados sobre la vía de la exposición acrítica de conocimientos. Esta problemática, que ha sido considerada desde las propias políticas públicas en educación, también se examina hoy en día desde la exigencia social de empezar a replantear la práctica docente con el propósito de favorecer la formación de nuevas generaciones, más analíticas, críticas y reflexivas, y menos consumistas y dependientes. Todo ello genera necesariamente nuevas exigencias al profesorado universitario.

En el marco de la Didáctica de las Ciencias Experimentales, esta situación constituye una excelente oportunidad para diseñar y abordar de una vez por todas, currículos dirigidos a una formación profesional del Profesor Universitario de Ciencias, enmarcados desde perspectivas y resultados contemporáneos de la investigación y la innovación en la formación articulada de disciplinas y didáctica del profesorado de ciencias. Este reto no solamente hoy en día se hace necesario para considerar la formación de profesores de ciencias, sino que desde la perspectiva de otras didácticas específicas, resulta ser un punto de referencia ya que la formación del profesorado universitario en otros campos como el de las matemáticas o las ciencias sociales, constituyen ámbitos de investigación didáctica muy fructíferos.

Para fundamentar este texto, abordaremos las siguientes temáticas: las competencias profesionales docentes del profesorado universitario de ciencias, la epistemología docente habitual como impedimento para el cambio, las visiones deformadas sobre la naturaleza de la ciencia y de la actividad científica que se transmiten en la enseñanza, el análisis crítico de los mo-

---

1 Profesor del Doctorado Interinstitucional en Educación y Proyecto Curricular de Licenciatura en Química, Facultad de Ciencias y Educación – Universidad Distrital Francisco José de Caldas Correo electrónico: cmosquera@udistrital.edu.co

delos de formación del profesorado de ciencias, y las características de los modelos eficaces que pueden favorecer el desarrollo profesional docente.

Estas temáticas se encuentran íntimamente asociadas con la investigación realizada sobre concepciones del profesorado de ciencias, sobre aspectos esenciales de su formación, y en las alternativas para favorecer en ellos su inmersión en la investigación sobre Didáctica de las Ciencias Experimentales que conduzca a lo que en este documento se denomina el “cambio didáctico”.

### Las competencias profesionales docentes del profesorado de ciencias como medio para el cambio didáctico

---

El interés creciente por la cualificación de la Educación Científica ha conducido a que en muchos países –y Colombia no resulta ser la excepción– empiecen a implementarse políticas institucionales dirigidas a repensar la manera como debería organizarse el currículo para la educación científica en la escuela básica, media y superior, así como empezar a definir un conjunto de acciones estratégicas que permitan a corto plazo que los estudiantes, independientemente del nivel educativo que cursen, apropien conocimientos científicos que les permita, no solamente tener buenos niveles de competitividad, sino que demuestren el manejo de conocimientos dentro de unos estándares internacionales. En Colombia, recientemente se han aplicado pruebas TIMSS (*Third International Mathematics and Science Study*) de cuyos resultados se han podido dilucidar una serie de deficiencias. La mejora en estos resultados, requiere considerar y poner en escena un conjunto de acciones que propenden por la cualificación de la Educación Científica.

Una de esas acciones tiene que ver con la formación del profesorado. A pesar de los esfuerzos que se han hecho por divulgar de manera explícita los resultados de las investigaciones en las innovaciones contemporáneas en Educación Científica, desarrolladas tanto por autores nacionales como por autores internacionales expertos en la materia, se encuentra que en general el profesorado continúa siguiendo sus prácticas docentes bajo modelos de enseñanza habituales, como la enseñanza de las ciencias por transmisión verbal de conocimientos o la enseñanza por descubrimiento inductivo y autónomo.

Los resultados preliminares obtenidos en la línea de investigación sobre formación del profesorado de ciencias y en el contexto del cuerpo teórico propio de la Didáctica de las Ciencias Experimentales, han demostrado que

al hacer una correlación entre los modelos epistemológicos que sobre la docencia tienen los profesores y la práctica docente que consideran o que adelantan, se encuentra una gran proximidad con los modelos tradicionales, anteriormente mencionados. Lo que todavía resulta ser más significativo es la fuerte similitud entre las concepciones y las prácticas de profesores en formación inicial respecto a las de profesores universitarios de facultades de educación en ejercicio.

Las ciencias naturales se entienden como parte del contexto social donde se inscriben, se originan, se desarrollan y se aplican. Entre tanto, la educación en ciencias naturales se concibe como una práctica que tiene como fin representar el conocimiento, la cultura y los valores propios de una sociedad para la generación siguiente a través de la enseñanza, el aprendizaje y la evaluación de la actividad educativa científica en la escuela. Por esta razón, la educación es estructural a las ciencias.

El conocimiento científico está dado por los contenidos de las disciplinas, pertinentes para solucionar sus problemas específicos, los procesos correspondientes para resolverlos y la aplicación de sus resultados en forma generalizada a situaciones más extensas a las particulares de solución. Es decir, el conocimiento en las ciencias naturales presenta sus contenidos (el *saber qué*), sus procesos experimentales (el *saber cómo*) y sus aplicaciones (el *saber para qué*) como constituyentes de un solo evento epistemológico (Mosquera y Zambrano, 2008)

Teniendo en cuenta lo expuesto, las competencias en ciencias naturales se conciben como los criterios que especifican el proceso de enseñanza-aprendizaje para profesores y estudiantes en términos del *saber qué*, el *saber cómo* y el *saber para qué* de los problemas de las ciencias naturales en el contexto educativo.

La concepción epistemológica que supone asumir la construcción del conocimiento en las ciencias naturales, así como el proceso de integrar sus contenidos, sus procesos experimentales y su aplicación en la resolución de problemas en el mundo de la vida, explica por qué las ciencias naturales en su aproximación al objeto de conocimiento natural, lo hace metodológicamente con las actividades integradas de conocimiento propias de los científicos que practican dichas ciencias, y que en consecuencia, han de ser retomadas y desarrolladas por los profesores de ciencias (Mosquera y Zambrano, 2008).

En general, esas actividades son las siguientes, según los planteamientos de autores como Artigas (1989), Bunge (1972), Hempel (1976), Cohen y Nagel (1972) y Sabino (1999):

1. La observación teórica de los hechos, sean éstos procesos, fenómenos, sistemas o experiencias naturales; esta actividad se basa en la interpretación de los hechos.
2. El registro cuantitativo y/o cualitativo de los datos correspondientes a los hechos observados.
3. El planteamiento del problema con base en la observación teóricamente concebida.
4. La clasificación de los hechos observados.
5. El diseño de modelos experimentales, con base en la formulación de hipótesis y su contrastación a través del control de variables para resolver el problema.
6. La inferencia a partir de los resultados obtenidos; esta actividad se basa en la argumentación de los resultados como consecuencia de las hipótesis planteadas.

A partir del currículo, y en general de sus lineamientos, es posible pensar formalmente en unos determinados estándares curriculares, es decir, acerca de los referentes que esperamos alcanzar a través del ejercicio de la enseñanza y del aprendizaje. Desde luego, esto aplica no solo a un currículo dirigido a la enseñanza de conocimientos para los alumnos sino también a currículos orientados a la enseñanza de la Didáctica de las Ciencias a profesores en formación inicial o activos. Los estándares son referentes básicos de los conocimientos que son indispensables en la formación de una persona (en este caso del profesor de ciencias), constituyen los *qué* deben saberse para un adecuado desempeño en el mundo de la vida y en ella, en el mundo del trabajo; los *cómo* se desarrollan dichos conocimientos, los *por qué* y los *para qué* de éstos. Así las cosas, los estándares están estrechamente ligados a los contenidos conceptuales, procedimentales y actitudinales de las disciplinas.

Estos referentes, que por su naturaleza se desglosan en sociales (en el contexto de la cultura para la construcción de la dimensión ética, estética y comunicativa en individuos y en colectivo de individuos), institucionales (en el contexto de los planes de desarrollo de una institución y su pertinencia con el entorno para la construcción de ciudad y nación), pedagógicos (en el contexto de la educación como hecho social), didácticos (en el contexto de la enseñanza), y cognitivos y emocionales (en el contexto del aprendizaje), permiten formular los logros esperados del acto educativo, de manera que tienen un nivel de mayor concreción, al punto que pueden ser identificados a través de la evaluación.

Por otra parte, las *competencias* hacen referencia a un conjunto de actitudes, valores, conocimientos y habilidades personales, interpersonales, profesionales y organizacionales que posibilitan el desempeño de los ciudadanos en el mundo de la vida e inserto en él, en el mundo del trabajo. Las competencias están directamente ligadas a los modos de producción de los conocimientos y a la manera como nos predisponemos ante la realidad (natural o social) a partir de los conocimientos que hemos apropiado. Las competencias están ligadas a los contenidos procedimentales y actitudinales de las disciplinas y de las regiones del conocimiento, y por tanto, hacen referencia al *cómo* y al *para qué* de los mismos. Las competencias, desde un sentido de lo educativo, promueven entonces el desarrollo simultáneo de la dimensión humana de las personas (el valor social de la cultura al tiempo que el reconocimiento del valor individual del ser), de la dimensión cognoscitiva (saberes y conocimientos), de la dimensión cognitiva (actitudes, ideas y creencias sobre el mundo, derivadas de los saberes y conocimientos disponibles en la persona) y de la dimensión práctica (lo que hacemos a partir de lo que somos, de lo que sabemos, conocemos y creemos).

En síntesis se asume la noción de competencia como una consecuencia de la integralidad del individuo desde donde identificamos las predisposiciones de una persona como ser individual y social, de manera que desde los saberes, conocimientos y prácticas que ha elaborado, sabe reconocerse como individuo al tiempo que sabe vivir en sociedad, y puede formular y solucionar problemas interesantes en un contexto específico. Desde esta perspectiva, las actitudes constituyen el eje orientador de esquemas de acción que una persona en un ámbito propio y específico del conocimiento desarrolla (estructura cognitiva); en otras palabras, constituyen el “puente” entre nuestros conocimientos (estructura cognoscitiva), incluyendo nuestras concepciones sobre el mundo y la vida, y nuestras prácticas (estructura procedimental) que desde allí se derivan al poner en escena dichos conocimientos y concepciones.

Las competencias son en sí mismas de naturaleza cultural; nos permiten considerar una persona en su oficio o en su profesión como un individuo que hace parte de un contexto social que conecta un conjunto de conocimientos desde los cuales orienta el desarrollo de prácticas para formular y resolver problemas de interés. Para el caso del profesorado de ciencias, el tratamiento de problemas asociados con la educación científica implica el desarrollo del rol profesional del profesor mediante competencias científicas, pedagógicas y didácticas, desde las cuales puede orientar procesos adecuados de aprendizaje de las ciencias en los estudiantes.

En este orden de ideas, la formación del profesorado de ciencias implica la consolidación de personas con claridad individual y social, en relación con el papel en la cultura de la educación científica en el pasado, en el presente y en el futuro; con visión crítica de su desempeño profesional en tanto formador de ciudadanos, y para el caso del profesorado de ciencias encargado de la formación inicial de futuros profesores de ciencias; que construye y explicita competencias profesionales para activar sus conocimientos y sus predisposiciones, no solamente hacia el conocimiento científico sino también hacia los conocimientos propios de la enseñanza de las ciencias (conocimientos didácticos). Esto propicia una serie de aprendizajes de las ciencias entendidos tal y como hoy en día se espera, como una construcción colectiva y permanente de conocimientos, actitudes y prácticas científicas que proporcionen alternativas para solucionar problemas de interés para el contexto sociocultural de los estudiantes. En síntesis, debemos superar definitivamente modelos de formación de profesores que se reducen a impartir instrucciones en cuanto a aspectos pedagógicos y científicos, y que al final hacen creer que enseñar es fácil y que basta con saber la materia que se enseña sumado a un poco de destrezas metodológicas para suponerse un “buen profesor”.

Desde una perspectiva epistemológica, consideramos que la actuación del profesor se valora simultáneamente junto con una perspectiva práctica en las actuaciones docentes. La epistemología docente y la práctica docente conforman lo que según Kuhn (1962) es la estructura de una “matriz disciplinar” que da cabida a la estructura global en la que se sostiene la actuación profesional de un profesor de ciencias. Esta “matriz disciplinar” en consecuencia, fundamenta los elementos conceptuales y elementos actitudinales necesarios para desarrollar la estructura compleja de conocimientos, ideas y creencias de un profesor acerca de la enseñanza de las ciencias, pero también fundamenta efectos de carácter metodológico en lo que tiene que ver con los esquemas de acción propios de la práctica docente del profesorado.

La “matriz disciplinar” puede entonces ser caracterizada por un modelo didáctico habitual, si es que es compatible con esquemas habituales de enseñanza, o con un modelo alternativo más alejado de lo habitual y más cercano a esquemas de enseñanza contemporáneos, postulados desde la educación científica. El cambio didáctico esperado en lo que tiene que ver con la transformación de prácticas y de epistemologías habituales, por otras más próximas a los resultados de la investigación didáctica contemporánea, podría ser evidenciado a través del reconocimiento de una “matriz disciplinar” alternativa que pueda ser identificada por otros y vivenciada por el profesor.

Según Copello y Sanmartí (2001), la extensión de la idea de epistemología personal docente a la formación permanente del profesorado de ciencias, se comprende en la medida en que el cambio didáctico depende fundamentalmente de su sistema personal de valores y de actitudes iniciales, así como de las interacciones que en este sistema pueda jugar el profesor en el desarrollo del programa. Frente a este supuesto resulta posible creer que la epistemología personal docente participa de las actitudes y de los valores asumidos socialmente en la enseñanza (Gil, 1983 y Furió, 1994).

Cuanto más estable se encuentre la epistemología personal del profesor en una estructura de valores y de actitudes próximas a una didáctica habitual y convencional de las ciencias, mucho más difícil será el logro de estos cambios; ello exige la consolidación e intervención del profesorado en programas directamente enfocados hacia una transformación de sus competencias didácticas y, en consecuencia, de cambios hacia modelos didácticos alternativos que les signifique mayores éxitos. Trabajos como los desarrollados por Briscoe (1991) y por Furió y Gil (1999), demuestran que para que estos programas sean exitosos requieren ser explícitamente orientados para tal fin, lo que necesariamente supone la superación de actividades en las cuales simplemente se informa a los profesores acerca de nuevas tendencias sobre la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias.

### La epistemología docente convencional como impedimento para el cambio

---

La investigación en educación científica ha venido resaltando, en el ámbito de la formación de profesores, la importancia del reconocimiento de la epistemología docente como fuente para comprender y transformar esquemas de acción alrededor del proceso de enseñanza-aprendizaje de las ciencias, esto debido a que puede operar de manera explícita o implícita y a que se puede constituir como un obstáculo para el desarrollo de una práctica docente eficaz (Gil, 1991; Bell, 1998). En el trabajo de Carnicer y Furió (2002) se hace referencia a proyectos adelantados por Tobin y Espinet (1989), Bell y Pearson (1992) y Briscoe (1991), quienes apoyados en estas tesis, indican que en definitiva, para transformar lo que los profesores y los alumnos hacen en clase, es necesario el reconocimiento de la epistemología docente, tanto sobre la enseñanza como sobre el aprendizaje.

El reconocimiento de la epistemología docente nos brinda las claves necesarias para comprender los conocimientos y las actitudes de los profesores en torno a la enseñanza, el aprendizaje, la evaluación y, en definitiva, el currículo. La epistemología docente habrá de permitirnos el logro de rees-

tructuraciones didácticas débiles o fuertes, y en general nos ha de permitir comprender las características de la práctica docente. En contraposición, no tener en cuenta la epistemología del docente al momento de diseñar programas de formación inicial o continuada del profesorado de ciencias, puede constituirse en un serio impedimento para el desarrollo de cambios didácticos. La investigación en Didáctica de las Ciencias viene interesándose por conocer lo mejor posible la epistemología que subyace en cualquier modelo de enseñanza, desde los más frecuentemente utilizados hasta los más contemporáneos, dado que brinda las pautas conceptuales para poder describir el pensamiento y las acciones de los profesores.

Carnicer y Furió (2002) muestran cómo la investigación que se ha hecho sobre la epistemología personal docente, ha sido documentada por Porlán (1989) desde perspectivas del desarrollo de hipótesis de progresión teórica, aunque con poca información contrastada sobre los modelos que se explicitan desde ella; según estos autores hoy se sigue careciendo de un significado claro de lo que podríamos denominar epistemología docente. Briscoe (1991) denomina epistemología personal docente al énfasis que hay sobre las creencias, las concepciones o simplemente las ideas del profesor sobre los procesos de enseñanza y aprendizaje de las ciencias, y cómo estas se originan. De otra parte, Oliver y Koballa (1992) registran las características comunes del constructo “creencias” encontradas en la investigación didáctica, resaltando que dichas creencias se adquieren mediante la comunicación y acaban guiando la acción; Claxton (1987) se refiere al carácter sistémico y coherente de pensamiento del profesor y lo denomina teorías personales docentes.

Examinando estas diferentes posturas, encontramos cómo unas y otras diferencian el pensamiento del profesor de la acción educativa, y en consecuencia sugieren que es lógico plantear como problemas de investigación en formación de profesores, las relaciones que existen entre la epistemología personal docente y la práctica personal docente. En tal sentido, se encuentran trabajos que presuponen la existencia de cierta correlación entre pensamientos y acciones, particularmente en lo que se refiere a las concepciones sobre la naturaleza de la ciencia y la práctica docente; Tobin y Espinet (1989) describen algunas investigaciones por estudios de casos, donde dos profesores investigados creían que la ciencia es un conjunto de verdades que habrían de trasvasarse a la mente de los estudiantes, sin tener en cuenta el carácter hipotético del conocimiento científico, lo que mostraría de alguna manera relaciones entre una concepción de la epistemología docente (basada en ciertas posturas sobre la ciencia más centradas en elementos de naturaleza positivista e inductivista) y ciertos modelos de enseñanza de corte estrictamente transmisivo.

Sin embargo, también se encuentran otros trabajos, como los de Hodson (1993), donde se muestran relaciones más complejas entre la epistemología y la práctica docente, de manera que llama la atención sobre si es posible pensar una relación directa causa-efecto entre una y otra. La complejidad de estas relaciones, ha hecho que algunos investigadores se inclinen por conceder mayor énfasis al estudio de la práctica docente que a las creencias epistemológicas de los profesores y más bien han procurado derivar a partir de los hallazgos realizados sobre la práctica docente, las características fundamentales de dicha epistemología. Tobin, *et al.* (1993) estudiaron las relaciones entre la epistemología y la práctica docente de un profesor tutoriado, quien manifiesta creencias de naturaleza objetivista acerca del conocimiento científico, es decir, concibe estos conocimientos como verdades a las que tenemos acceso los seres humanos a través de la acción científica. En el trabajo desarrollado por estos autores se logró –con el apoyo de la tutoría– que el profesor apropiara un conjunto de creencias de naturaleza constructivista, aunque no correspondieran con su práctica docente. Se encuentra en este caso, un ejemplo de otro modelo de trabajo en el cual se logran transformaciones a nivel conceptual, es decir, a nivel de la epistemología docente, pero no así a nivel de la práctica docente.

El grupo IRES (Investigación en la escuela de la Universidad de Sevilla) ha propuesto algunos modelos epistemológicos docentes que, a título de hipótesis de progresión, vendrían a constituir cuatro niveles de formulación del conocimiento profesional (Porlán, Rivero y Martín del Pozo, 1997; 1998); en otros trabajos de este mismo grupo de investigación se han identificado algunos obstáculos, que en relación con el conocimiento profesional, pueden presentar las percepciones más habituales entre los profesores (Porlán, Rivero, y Martín del Pozo, 1997).

Podemos entonces replantear la idea de epistemología docente, con lo cual procuraríamos resolver, por una parte la dispersión conceptual existente en la investigación en formación de profesores, y por otra, la complejidad de las relaciones entre creencias y prácticas docentes. Desde la epistemología docente hemos de referirnos a un sistema dinámico de saberes, conocimientos, actitudes y valores del profesor hacia el proceso de enseñanza-aprendizaje de las ciencias que abarcaría desde las concepciones y creencias sobre la ciencia, y su enseñanza y aprendizaje, hasta las tomas de decisión que orientan los esquemas de acción como antecedentes de la práctica docente.

Hay que recordar trabajos muy importantes sobre las actitudes hacia la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias, como el que adelantó Simpson *et al.* (1994), que ha mostrado las relaciones complejas y problemáticas

entre las actitudes y la conducta, donde no siempre existe una correlación directa entre ambas. Sin embargo, el modelo de formación actitudinal utilizado en el aprendizaje de las ciencias y denominado modelo de acción razonada y de conducta planificada, sugerido por Fishbein y Ajzen (1975), supone cierta coherencia y circularidades entre actitudes y conductas. Este mismo modelo de formación actitudinal puede ser aplicado a la formación continuada de los profesores de ciencias y permite, como diría Carnicer (1998), explicar el carácter problemático y sistémico de la epistemología docente. A partir de la tesis fijada por Fishbein y Ajzen (1975), se muestra la coherencia y circularidad que puede haber entre conocimientos y actitudes como un modelo complejo entre la epistemología docente y la conducta desarrollada por el profesor a través de la explicación de los esquemas de acción previstos en la práctica docente.

Proponemos aquí una epistemología personal docente que consta de un componente conceptual, basado en los esquemas de conocimientos propios sobre la ciencia y sobre la enseñanza de las ciencias, que está asociada con un componente cognitivo, conformado por un conjunto de ideas y creencias, un componente conativo (tomas de decisión) y uno valorativo (grados de aceptación y rechazo) que los profesores manifiestan en relación con la ciencia, la enseñanza, y el aprendizaje de las ciencias. Siguiendo la propuesta desarrollada por Simpson *et al.* (1994), estos últimos tres componentes citados conforman uno más global: el componente actitudinal, que junto con el conceptual y el metodológico, estructura el *saber*, el *saber-hacer* y el *hacer*, competencias básicas e indelegables de una persona en el ejercicio de una actuación profesional o de un oficio. La correlación entre las actitudes y los conocimientos de los profesores en relación con la ciencia y sobre la naturaleza del conocimiento científico, consolidan la epistemología docente.

Dado que el trabajo en Educación Científica no se considera un proceso neutral y asociado más bien con unos intereses curriculares, con políticas educativas y fundamentalmente con la consolidación de un conjunto de conocimientos y creencias sobre la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias, debemos considerar al profesor como un sujeto social donde su trabajo está continuamente configurándose y reestructurándose en cuanto a conocimientos, ideas, actitudes y esquemas de acción como factor para su desarrollo profesional y para la modificación de sus prácticas educativas. Por lo tanto, no hay que olvidar que la práctica pedagógica de los docentes desde un comienzo está impregnada por una formación ambiental basada en la experiencia que como estudiantes hemos tenido y que después se consolida en la actividad profesoral, así pues, si se piensa en la consolidación de un modelo epistemológico docente que nos permita realmente

transformar la práctica docente, debemos considerar los conocimientos, las actitudes y las prácticas previas para que a partir de ellas, en un aprendizaje continuo, se apropien mediante cambios radicales o reestructuraciones débiles según sea el caso, nuevos conocimientos, actitudes y prácticas que de igual forma serán susceptibles de modificar cuando las necesidades y expectativas profesionales así lo ameriten.

A continuación se muestran algunos resultados de la investigación contemporánea en formación de profesores y en relación con sus concepciones hacia el conocimiento y la actividad científica, así como también otras concepciones de naturaleza didáctica. En relación con las concepciones científicas del profesorado, según Porlán (1998), en el contexto de la Didáctica de las Ciencias se prestaba principal atención a los aspectos procedimentales y estructurales del pensamiento del profesor, sin embargo, este autor indica cómo en los últimos años ha habido un interés creciente por indagar y comprender acerca de las concepciones de los profesores. Así, en esta perspectiva, se han venido desarrollando diferentes tipos de estudios en el marco de la línea de formación de profesores. Entre ellos destacan aquellos que se centran, por una parte, en las ideas de los profesores acerca del conocimiento científico, su naturaleza, su estatus, sus reglas de producción y validación, su relación con otros conocimientos, la manera como cambia y progresa, etc. Por otro lado, los que abordan las creencias pedagógicas que incluyen un amplio rango de aspectos relacionados con la enseñanza y con el aprendizaje de las ciencias, y finalmente, los que procuran identificar relaciones entre el conocimiento y su construcción y transmisión en el contexto escolar, lo que llamarían Porlán (1989) y Pope y Scott (1983), la epistemología de lo escolar.

Varios autores como Pope y Gilbert (1983), Gordon (1984), Gil (1991), Lederman (1992) y Kouladis y Ogborn (1995), hacen referencia a cómo los profesores transmiten una imagen deformada del conocimiento del trabajo científico, imagen muy distante a los aportes recientes que se han hecho desde la epistemología de la ciencia, y cuya problemática, en consecuencia, debe ser necesariamente revisada en cualquier proceso de formación de profesores. Gordon (1984) muestra cómo una imagen deformada de las concepciones epistemológicas de los profesores de ciencias terminan presentándola como un proceso acabado, un proceso que conduce a verdades absolutas, y a los científicos como seres de inteligencia superior. En este sentido también se muestra, cómo incluso los medios de comunicación y el lenguaje cotidiano contribuyen también a difundir en la sociedad esos mitos que pueden ser fácilmente impregnados en el profesorado si no se le dedica especial atención a estos aspectos a lo largo de su proceso de formación, tanto inicial como continuada. En general, estos mitos habituales dados cotidianamente,

hacen suponer el progreso científico como el resultado de grandes golpes de suerte, a los científicos como seres casi no-humanos y salidos de lo común, como personas que se dedican a develar y a encontrar las verdades ocultas de la naturaleza y a desarrollar experimentos siempre infalibles.

En un estudio empírico realizado sobre este aspecto por Cotham y Smith (1991) se desarrolló un cuestionario denominado "*Conceptions of Scientific Priorities Test*" el cual consta de cuatro dimensiones: implicaciones de naturaleza ontológica, la génesis, la elección y la comprobación de teorías, y en cada una de estas dimensiones buscaban dos alternativas epistemológicas: para el caso de lo ontológico, las relaciones entre el realismo y el instrumentalismo; para el caso de la génesis, la relación entre inductivismo e invención; para el caso de la elección de teorías, la relación entre el objetivismo y el subjetivismo, y para el caso de la comprobación de teorías, la relación entre tentativismo y conclusionismo. Los datos señalan que los profesores de primaria terminan siendo conclusivistas a la hora de comprobar las teorías, inductivistas para explicar cómo se genera el conocimiento científico y objetivistas para elegir entre teorías que rivalizan. En otro trabajo, Lederman (1992) pone de manifiesto una tendencia reiterada por parte de docentes y estudiantes para profesores de ciencias, hacia las características de naturaleza positivista o empiro-inductivista del conocimiento científico. Por otra parte, en el trabajo de Kouladis y Ogborn (1989), se demuestra que existen evidencias de otros puntos de vista sobre el conocimiento científico que constituyen una cierta evolución desde una imagen empiro-inductivista hacia planteamientos más contextualizados.

Kouladis y Ogborn (1989) trabajaron con una muestra de doce profesores de ciencias y con once estudiantes para profesores de ciencias. Los tipos de respuestas conducen a identificar sus puntos de vista con tendencias muy cercanas al hipotético-inductivismo, al deductivismo y al contextualismo, así como también hacia el relativismo. Sin embargo, también fue posible encontrar lo que algunos autores denominan posiciones eclécticas, en las que realmente no se encuentra de manera definitiva una marcada tendencia hacia una de estas posturas. De todas maneras, los puntos de vista que más se han podido identificar tienen que ver con los profesores que mantienen una posición de naturaleza inductivista respecto a la metodología científica, suponiendo el método científico como la principal herramienta para la producción del conocimiento científico, pero que en ocasiones tienden, como muestran estos estudios, a manifestar puntos de vista racionalistas al momento de diferenciar entre lo que es ciencia y lo que no lo es, que es un aspecto muy importante para destacar. Otro gran grupo es el que clasificaría a los profesores dentro de lo que denominan Kouladis y Ogborn (1985) como contextualismo metodológico, asociándolo con una postura racio-

nalista indecisa respecto al estatus del conocimiento científico, aunque se identifica la tendencia al adoptar una postura de carácter contextualista-relativista para explicar los cambios en dicho conocimiento; en definitiva, en esta investigación se encuentra que hay un predominio principal de enfoques absolutistas y positivistas, y que definitivamente estos enfoques son necesarios al momento de desarrollar cualquier proceso de formación de profesores.

En el marco de las posturas de carácter inductivista hacia el conocimiento científico, se encuentran aspectos como los principios de neutralidad y autenticidad del conocimiento científico; así pues se supone que el conocimiento está en la realidad y que la ciencia es un reflejo directo de la misma, es decir, se evidencia una clara tendencia de una postura realista ingenua. Se considera la existencia de un método científico único y universal para acceder al conocimiento, sin posibilidad de que dicho método esté influenciado por la subjetividad, es decir, se asume una postura de naturaleza objetivista; el método científico parte de una observación en general neutral, después se pasa a una fase de elaboración de hipótesis con las cuales se pueden fundamentar experimentos y finalmente obtener conclusiones que pueden entenderse como enunciados de las teorías. Se trata de concepciones de carácter empiristas radicales o experimental-inductivistas, tal y como lo sugieren Aguirre y Haggerty (1995).

De otra parte, se encuentra que al conocimiento científico se le concede un principio de veracidad, es decir, dado que los conocimientos son obtenidos empíricamente, estos tienen características absolutas y universales. Sin embargo, en determinados sujetos es posible haber encontrado tendencias en las cuales hay posiciones un tanto más relativistas debido al conocimiento de la existencia de diferentes teorías científicas sobre un mismo fenómeno a lo largo de la historia. En estos casos se han identificado posiciones más tradicionales, que consideran la posibilidad de hacer descartes en la medida en que una de las teorías vaya tomando más fuerza y sobrepase las otras; de todos modos la tendencia fundamental es considerar el conocimiento científico como algo que apunta a encontrar la verdad escondida en la realidad. Estas posturas epistemológicas dan cuenta de un principio de superioridad del conocimiento científico, es decir, expresan la idea de lo que denominarían Porlán, Rivero y Martín del Pozo (1997) un cierto “autoritarismo epistemológico”, al considerar el conocimiento científico como una forma superior de conocimiento que termina infravalorando a los otros, especialmente a los más cotidianos y subjetivos.

A manera de síntesis, podemos decir que la epistemología docente está conformada por tres ejes indelegables en la profesión del profesor y que se

corresponden entre sí a la manera de un sistema complejo (Bertalanffy *et al.*, 1984). El eje conceptual corresponde al conjunto de conocimientos que un profesor ha de *saber* en relación con la disciplina que enseña y otras disciplinas conexas desde las cuales se investiga, empleando los paradigmas de la ciencia; también con conocimientos asociados para comprender la naturaleza de la ciencia (filosofía e historia de las ciencias); finalmente, en este eje ubicamos el otro gran bloque de conocimientos necesarios en un profesor y que ha sido olvidado en muchos modelos de formación de profesores: se trata de los conocimientos asociados con la didáctica de las ciencias experimentales. En consecuencia, en el eje conceptual podemos categorizar entonces: a) las estructuras teóricas de conocimientos que el profesor debe saber, de forma tal que se trata de conocimientos que, como afirma Duschl (1997), corresponden a relaciones de conceptos, principios, leyes y axiomas propios de las teorías científicas y que tienen sentido en la medida en que el profesor, de manera simultánea y conexas, también reflexiona usando para ello; b) conocimientos propios sobre la estructura interna de las teorías científicas, es decir, activando sus saberes en torno a la filosofía de la ciencia y desde la cual se integran componentes como la epistemología y la historia de la ciencia (Mc Comas 1998; Duschl, 1997). Estos conocimientos, imprescindibles para una práctica docente innovadora, están directamente relacionados con la reflexión sobre el origen, desarrollo y estructura del conocimiento científico y por tanto, en forma general, sobre la naturaleza de las ciencias, que Izquierdo (1996) denomina “la nueva historia y filosofía de la ciencia”.

En el eje conceptual, necesario para la actividad profesional de un docente de ciencias, se establece entonces el andamiaje teórico que permite al profesor la fundamentación necesaria para comprender los conceptos y los principios generales de los paradigmas de la química, elementos “visibles” de la ciencia que es objeto de enseñanza, y también los conocimientos “implícitos”, que dan cuenta al profesor de la manera en cómo los conocimientos científicos se han producido, cómo se han transformado, cómo son validados por parte de las comunidades académicas especializadas, cómo se suelen aceptar y/o rechazar; en general, se trata de la reflexión proveniente de los aportes de la filosofía, la epistemología y la historia de la ciencia. Se trata de un bloque de conocimientos, indispensable en la estructura conceptual de la actividad profesional del profesor de ciencias, que habitualmente se ha ignorado y que explica, en buena medida, las razones de una enseñanza de las ciencias centrada casi exclusivamente en la transmisión de teorías y conceptos, cuya esencia filosófica corresponde a posturas empiristas y positivistas de la ciencia, y sus soportes psicológicos al paradigma conductista y behaviorista.

La otra parte del eje conceptual corresponde al conocimiento del profesor de ciencias en relación con los saberes propios de la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias, saberes que dependen fundamentalmente de su conocimiento e implicación sobre los resultados que se han venido produciendo desde la Didáctica de las Ciencias Experimentales. Al igual que sucede con el conocimiento científico, el cual a lo largo de su desarrollo ha requerido de interrelaciones con otros campos de conocimiento, la Didáctica de las Ciencias, además de su desarrollo intrínseco, ha venido ampliando sus relaciones transdisciplinarias e interdisciplinarias (Resweber, 1981) con otros campos del conocimiento interesados en resolver problemas educativos y particularmente de la educación científica, tales como la psicología cognitiva, la sociología y la pedagogía.

El segundo gran eje de la actividad profesional del profesor de ciencias es el actitudinal, el cual nos da cuenta de las predisposiciones de un profesor hacia la enseñanza de las ciencias. Nos da pautas para reconocer lo que debemos *ser* y *saber hacer* los profesores de ciencias. Desde este eje podemos: a) comprender el conjunto de ideas y creencias que el profesor manifiesta y asume en relación con la investigación y la innovación en la enseñanza de las ciencias; b) de igual modo también nos ayuda a identificar el sistema de valores y principios que el profesor de ciencias explicita cuando define grados de aceptación o rechazo hacia sus actividades propias como enseñante o hacia las actividades que otros colegas desarrollan en el acto educativo, así como también a valorar y desde allí, a aceptar o rechazar resultados de la investigación y la innovación en educación científica; c) finalmente, el eje actitudinal se constituye en patrón para comprender las decisiones que el profesor toma al diseñar, desarrollar y evaluar actividades de enseñanza y aprendizaje de las ciencias, las cuales nos permiten identificar y prever esquemas de acción que son, en últimas, los que nos ayudan a identificar en la práctica las concepciones que sobre la ciencia, la naturaleza de la ciencia y la enseñanza de la misma son utilizadas por el profesor para adelantar su praxis educativa.

Los dos ejes citados anteriormente, el conceptual y el actitudinal, es decir, la estructura conceptual del conjunto de conocimientos que el profesor debe *saber* y las actitudes y esquemas de acción que se pueden derivar de dichos conocimientos que nos dan cuenta de lo que el profesor debe *ser* y *saber hacer*, corresponden a lo que aquí consideramos como “la epistemología docente”, que puede caracterizarse como una epistemología docente habitual o contemporánea según sean los fundamentos conceptuales y los esquemas de acción empleados por el profesor de ciencias.

La epistemología docente, bien sea habitual o transformada, o que se encuentre en camino de transformación, es la que sustenta en sí misma la práctica docente del profesor. Así pues, si encontramos rutas curriculares fructíferas que favorezcan cambios en la epistemología docente, es decir en las concepciones y en las actitudes del profesor de ciencias, probablemente nos sería más fácil coadyuvar a transformar las prácticas docentes de forma tal que contribuyan a mejores resultados en el aprendizaje de las ciencias, tanto en el orden cognitivo y metacognitivo (niveles de aprendizaje y estilos de razonamiento), como en el social y cultural (alfabetización científica). Así pues, la investigación en formación de profesores ha de posibilitar una práctica docente (lo que el profesor debe *hacer*) sustentada en estructuras de una epistemología acorde con las expectativas de la educación científica contemporánea, guiada por los avances recientes en el campo de la Didáctica de las Ciencias.

### Visiones deformadas sobre la naturaleza de la ciencia y de la actividad científica que se transmiten en la enseñanza

Como parte del inventario de ideas docentes previas, elaboradas a través del desarrollo de diversas investigaciones dedicadas a la formación del profesorado, así como a la explicitación de algunas de las concepciones contemporáneas en relación con aspectos conceptuales cruciales en educación científica, se hace necesario revisar dentro de la estructura de la epistemología docente habitual, el supuesto por parte de los profesores de ciencias en torno a que las principales necesidades formativas están centradas exclusivamente en conocimientos cada vez más rigurosos y más profundos de la propia asignatura que se enseña, es decir que la principal necesidad formativa del profesor debiera apuntar a tratar conocimientos disciplinares objetos de referencia en el acto educativo. Poco se comprende la importancia de incorporar en este bagaje de conocimientos necesarios para una práctica profesional de mayor calidad, conocimientos en Didáctica de las Ciencias, porque se supone que aprender o mejorar la práctica de la enseñanza de las ciencias físicas, las ciencias químicas o las ciencias biológicas, simplemente requiere de un conocimiento cada vez más riguroso de estas teorías ya que se supone que, enseñando bien, es decir, transmitiendo adecuadamente los conocimientos de estas disciplinas, se logran excelentes resultados en el aprendizaje de los estudiantes. Se olvida de las diferencias sustanciales entre la epistemología propia de los conocimientos científicos en relación con la epistemología propia de los conocimientos en educación científica, ya que si bien guardan estrecha relación entre ellos, no se pueden olvidar las diferencias debidas a los con-

textos, las finalidades y las características de las prácticas profesionales que implican la investigación científica propiamente dicha y la investigación específica dirigida al logro de aprendizajes de conocimientos científicos.

Sin embargo, resulta paradójico suponer que el centro de la formación de profesores de ciencias es exclusivamente la formación científica, pues como se ha dicho, no solo olvidan el papel fundamental del conocimiento en didáctica de las ciencias, sino que asumen un referente científico “incompleto”. Trabajos precedentes como los realizados por Matthews (1990, 1994, 1998, 1998-a), demuestran cómo, en muchos casos, se puede encontrar que la organización y la secuencia curricular de los contenidos científicos que se enseñan son incoherentes e incompatibles con los desarrollos históricos de estos contenidos científicos. En general, se asumen secuencias de contenidos basadas en la simplicidad hasta alcanzar mayores niveles de complejidad, cuando efectivamente estudios históricos demuestran muchas veces que el desarrollo de conocimientos científicos no ha seguido una evolución lineal en búsqueda de mayores niveles de profundización y complejidad, como se muestra en muchas secuencias de contenidos en los currículos de ciencias. Explicar bien, como lo menciona Campanario (2002), significa explicar correctamente según la lógica de la disciplina que ya está obviamente bien estructurada desde el punto de vista histórico.

Así pues, desde una perspectiva histórica y epistemológica como fundamento para la organización de contenidos científicos, y desde un enfoque didáctico que supera la simple transmisión verbal de conocimientos, la enseñanza de las ciencias no debería reducirse a abordar temáticas con finalidades propedéuticas que van desde lo más simple hasta lo más complejo para que una vez abordadas no vuelvan a ser tratadas, sino por el contrario, debe proponer la resolución de problemas de interés, que pueden ser retomados en la medida en que los estudiantes avanzan en sus ciclos de formación e integran conocimientos que probablemente implican retomar otros que históricamente se habían dejado olvidados o no se les había prestado la atención suficiente.

No debe olvidarse que el desarrollo de muchas teorías o de diversos conceptos científicos, ha implicado el desarrollo de teorías o conceptos colaterales y que, en general, un programa de investigación científico no siempre se desarrolla de manera “pura”, pues se requiere de los avances hechos en el mismo o en otros programas, en función de resolver problemas para lograr la comprensión y respuesta exitosa ante un reto explicativo planteado por la ciencia. De igual forma, dado el proceso mismo de construcción permanente que caracteriza la ciencia debido a la constante actividad científica, los resultados logrados siempre tienen el carácter de provisionales,

pues éstos cambian en la medida en que al requerirse la resolución de nuevos problemas, o al desarrollarse nuevos marcos teóricos, se reelaboran explicaciones, argumentaciones teóricas, modelos experimentales o innovaciones técnicas y tecnológicas. De aquí la importancia y uno de los valores más significativos de los aportes que hay en las investigaciones para la Historia de las Ciencias y la Didáctica de las Ciencias.

Desde esta perspectiva, según concepciones habituales de la epistemología docente, solo se necesitaría conocer adecuadamente los contenidos de la asignatura que se enseña, sus niveles de complejidad y transmitir lo mejor posible dichos contenidos (que casi siempre se reducen a lo puramente conceptual, dejando de lado los contenidos actitudinales y metodológicos, que también hacen parte de las concepciones científicas). No se tienen en cuenta los desarrollos actuales de la epistemología de las ciencias, y quizás mucho menos la estructura del desarrollo histórico de los conocimientos científicos. En consecuencia, no se hace necesario integrar los conocimientos científicos y sus perspectivas epistemológicas e históricas en el contexto del cuerpo conceptual propio de la didáctica de las ciencias, contexto desde el cual, a partir de investigaciones en el ámbito de la formación de profesores de ciencias, vienen demostrándose evidencias tanto teóricas como experimentales de la escasa efectividad que tiene la enseñanza de las ciencias centrada exclusivamente en la transmisión acrítica de contenidos conceptuales.

Desde la perspectiva de Porlán, Rivero y Martín del Pozo (2000), se recoge la propuesta fundamental que considera que el conocimiento y la práctica del profesor de ciencias es un entramado epistemológicamente diferenciado, pero también entendido como el resultado de la reelaboración y la integración de otros saberes. El conocimiento profesional de los profesores aborda actitudes y valores encaminados a la transformación del contexto escolar y profesional. Como lo plantean Gil (1993), Furió (1994), Furió y Carnicer (2002), Mosquera (2001, 2008), Porlán (1993), Porlán y López (1993), puede encontrarse una equivalencia entre la manera como se orientan las concepciones de los alumnos desde una posición constructivista, con la manera de considerar las concepciones de los profesores como ejes orientadores de un proceso formativo en lo que tiene que ver con la apropiación de conocimientos relacionados con la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias. Así las cosas, la epistemología docente convencional, de no ser tratada explícitamente en un programa de formación en didáctica de las ciencias dirigido a profesores, puede fácilmente constituirse en un obstáculo para el cambio didáctico. De otra parte, la investigación desarrollada hasta el momento, muestra que la epistemología docente habitual se refuerza con el empleo de modelos de formación habituales, que

fundamentalmente yuxtaponen la formación científica disciplinar con la formación pedagógica (Porlán, Rivero y Martín del Pozo, 1997 y 1998; McDermott, 1990).

### Consideraciones finales: análisis crítico de modelos de formación del profesorado de ciencias y perspectivas futuras

---

Los trabajos de Munby y Russell (1998) desarrollados en el *International Handbook of Science Education*, resaltan por una parte que las investigaciones en el campo de la formación de profesores han adquirido relevancia como dominio particular en la investigación en Educación Científica, y por otra, que se está dando una relativa importancia al conocimiento práctico de la enseñanza. Al respecto, en el contexto de la formación de profesores, se sugiere en la actualidad que los modelos y los programas sean consistentes con los resultados de la investigación en Didáctica de las Ciencias y que a su vez resulten ser eficaces para el desarrollo profesional de los docentes. De esta manera se busca integrar en un continuo-coherente, las relaciones teoría-práctica en las que se concibe al profesor como un aprendiz novato tanto de las investigaciones como de las innovaciones en problemas referidos a la enseñanza de las ciencias, así como en la participación activa en modelos conceptuales y metodológicos propios de la misma.

Trabajos citados por Porlán (1998) y por Gil, Carrascosa y Martínez-Terrades (1999) hacen referencia al interés reciente en los procesos de formación de profesores en lo que tiene que ver con el “aprendizaje significativo de enseñar ciencia”, que no es otra cosa que el ámbito propio específico de lo que hoy en día conocemos como Didáctica de las Ciencias Experimentales. En el trabajo doctoral realizado por Carnicer (1998), y en Furió y Carnicer (2002), se muestra la importancia del desarrollo de un programa de formación de profesores basado en equipos cooperativos tutoriados, que a su vez facilitan en los profesores la reestructuración de sus esquemas de acción y de sus creencias, conocimientos y actitudes subyacentes que los guían tal y como lo proponen Borko y Putnam (1996).

La investigación contemporánea en Didáctica de las Ciencias ha puesto de relieve la existencia de una epistemología personal docente, construida a través de la impregnación ambiental que el profesor ha apropiado a lo largo de su vida como estudiante y que después, como profesor, mediatiza a través de actitudes y de comportamientos explícitos en el trabajo de aula de clase; esta epistemología personal docente, en muchos casos puede constituirse como un obstáculo para los cambios didácticos esperados, pero

también como una oportunidad de desarrollo que puede justificar y de alguna manera fundamentar nuevas construcciones didácticas tal y como lo expresan Tobin y Espinet (1989) y Carretero y Limón (1996). Podría afirmarse que programas de formación de profesores apoyados en la simple información de nuevos conocimientos científicos, pedagógicos o didácticos, y en la ilustración de nuevas metodologías, no favorecen cambios didácticos, pues esta alternativa se cimienta en el paradigma externalista del aprendizaje, el cual supone que éste se evidencia por cambios en las conductas de las personas debidos a estímulos o a información externa, y que como lo han hecho notar varias investigaciones, en el sentido estricto de la palabra, no genera aprendizajes sino más bien acumulación de información que no favorece las transformaciones necesarias en una persona, tanto para superar sus creencias previas, como para solucionar de manera idónea problemas de interés y de su contexto (Murillo, 2003; Zabalza, 2003).

Sin embargo, conviene precisar que no solo los cambios conceptuales en el marco de las transformaciones didácticas son suficientes: se requiere además el desarrollo de cambios metodológicos y actitudinales: los metodológicos para favorecer nuevas aproximaciones hacia la metodología de producción de los saberes –cambios en la manera como nos enfrentamos a problemas y a la manera de solucionarlos, es decir cambios en cuanto al hacer– y los actitudinales para aproximarnos a nuevas predisposiciones hacia el conocimiento científico, hacia la actividad científica y hacia la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias (es decir, cambios en el *ser* y en el *saber hacer*).

De esta manera consideramos que los procesos de formación de profesores deberían organizarse sobre la base de las orientaciones de modelos didácticos asociados con la enseñanza de las ciencias por investigación dirigida. De manera equivalente al tratamiento para la enseñanza de conocimientos científicos desde una perspectiva constructivista, desde donde se considera la necesidad de cambios de naturaleza conceptual, metodológica y actitudinal, para los efectos en los procesos de formación de profesores desde la perspectiva constructivista del cambio didáctico, se esperan transformaciones conceptuales, metodológicas y actitudinales hacia la enseñanza de las ciencias: conceptuales en lo que tiene que ver con las reorientaciones que el profesor asume en relación con nuevos conocimientos sobre la ciencia y sobre la actividad científica, así como con relación a nuevos conocimientos sobre la enseñanza de las ciencias; actitudinales en lo relativo a nuevas y mejores predisposiciones del profesorado hacia la enseñanza de las ciencias, y metodológicos propiamente dichos, en lo que tiene que ver con nuevas orientaciones del profesor en el aula de clase, es decir, cambios

alternativos en lo que respecta al hacer del profesor en el trabajo habitual del aula de clase.

Estas reestructuraciones en las concepciones del profesorado y en sus actitudes y prácticas en el aula, han de producirse de modo consciente para que efectivamente sean significativas e impacten en la naturaleza del trabajo docente. Ello implica que la formación inicial y permanente del profesorado no puede reducirse a programas donde simplemente se transmitan nuevas ideas o alternativas de trabajo en el aula en relación con la enseñanza, el aprendizaje, el currículo o la evaluación, ya que seguramente no estaríamos favoreciendo propiamente reestructuraciones conceptuales, metodológicas y actitudinales propias de un cambio didáctico radical, tanto en la epistemología como en la práctica docente. Por el contrario, estaríamos abocados a tratar con el profesorado algunos conocimientos descontextualizados en relación con nuevas ideas sobre la enseñanza o con nuevas metodologías que no favorecerían realmente compromisos serios por parte del profesorado para afrontar la enseñanza de las ciencias desde orientaciones definitivamente diferentes a las que habitualmente realizan, y que muy seguramente no resultan ser consecuentes y fundamentadas con los resultados propios de la investigación contemporánea en formación de profesores en el ámbito de la educación científica.

Cambios conscientes en el pensamiento y en las prácticas del profesorado harán explícitas, efectivamente, las relaciones entre lo que piensa y hace el profesor con lo que está mostrando la investigación didáctica; Carnicer (1998) indica cómo los cambios didácticos tienen que ser percibidos como un triple desarrollo, esto es, en lo profesional, en lo social y en lo personal, si el profesor persigue mejorar sus enseñanzas y conseguir así mejores resultados en el aprendizaje de sus estudiantes.

De hecho, el nivel conceptual en las concepciones de los profesores da sentido al nivel práctico en la actuación del docente, dependiendo del tipo de actitudes que el profesor asuma y explicita en su trabajo docente, esto quiere decir que las concepciones del profesor guían sus ideas, sus creencias, sus grados de aceptación o de rechazo y sus decisiones, y todo ello se refleja en las acciones que en la práctica adelanta el profesor en los procesos de enseñanza y de aprendizaje. A partir de esta tesis, se puede plantear a título de hipótesis, que la incoherencia entre lo que sabe el profesor (nivel conceptual, conocimientos y concepciones) con lo que hace en la práctica (nivel operativo, esquemas de acción) se debe al deficiente desarrollo de un tercer valor agregado en la actividad profesional del docente: las actitudes del profesor (nivel cognitivo, ideas, creencias, valores y orientaciones para las decisiones). Por lo anterior, es impensable suponer programas de

formación del profesorado para propiciar cambios didácticos que involucren componentes conceptuales, actitudinales y metodológicos de manera simultánea, relacionada y coherente.

La finalidad primordial de la formación de profesores de ciencias en el contexto contemporáneo de la educación científica, es la de promover e incentivar en el profesor la vocación de un docente innovador, y si es posible, orientarle para que su práctica cotidiana esté inmersa en el contexto de la investigación didáctica; tarea que efectivamente constituye un reto esencial para la Didáctica de las Ciencias, en particular, para la línea de investigación en formación de profesores de ciencias. Kyle *et al.* (1991) fundamentan su tesis acerca de cómo una nueva imagen de los roles de los profesores está emergiendo, ya que además de requerir un conocimiento específico de la disciplina y un conocimiento sobre didáctica específica, los profesores han de disponer de tiempo para debatir ideas con sus colegas, participar en el desarrollo profesional e investigar sobre la enseñanza y el aprendizaje. Por lo tanto, se podría afirmar que para el caso del profesorado de ciencias y sus problemas actuales en cuanto a formación específica, se requiere necesariamente encontrar alternativas sobre cómo a través de un desarrollo consciente de nuevas necesidades didácticas, pueda ser posible no solamente que los profesores apropien nuevas concepciones sobre la enseñanza y el aprendizaje, manifiesten nuevas predisposiciones y desarrollen nuevos esquemas de acción en el trabajo de aula de clase, sino que también puedan sentir necesaria su vinculación a comunidades especializadas de investigadores en educación científica; ello quiere decir que han de asumir, comprender y constituir su trabajo cotidiano como problemas de enseñanza que pueden ser resueltos a través de investigaciones rigurosas y sistemáticas apoyadas en las orientaciones conceptuales contemporáneas en el ámbito de la Didáctica de las Ciencias.

A partir de la epistemología personal inicial del profesor, la cual debe hacerse explícita para que no se constituya en un obstáculo para el cambio didáctico, sino que por el contrario, sea un agente dinamizador de éste, el docente ha de elaborar de manera significativa nuevos conocimientos didácticos desarrollados mediante la investigación en este campo. Ello implica necesariamente que los profesores puedan reconstruir estos conocimientos, así pues, modelos de formación del profesorado coherentes con estos planteamientos constructivistas pueden ser apoyados tanto en formación inicial como en formación permanente, a partir de la metáfora de los profesores investigadores noveles que trabajan en equipo replicando investigaciones didácticas dirigidas en una fase inicial por un profesor experto que se puede constituir como tutor, asesor o coordinador de aquellas inves-

tigaciones. Experiencias de esta naturaleza han sido referenciadas por Furió (1994) y por Furió y Gil (1999) según Furió y Carnicer (2002).

En una primera fase de regulación del grupo se requerirá por un cierto tiempo, el desarrollo explícito de la búsqueda de cambios actitudinales, que favorezcan el paso al profesor de entenderse simplemente como un consumidor de nuevas ideas sobre la enseñanza de las ciencias hacia un productor de resultados propios de investigaciones didácticas de las ciencias que, a su vez, aportan al crecimiento conceptual de este ámbito de conocimientos. Se espera en consecuencia que este tipo de trabajo se desarrolle a través de equipos cooperativos de investigación que autorregulen su funcionamiento, al igual que sucede con cualquier grupo de formación de investigadores en campos específicos de otros dominios científicos.

La literatura contemporánea en el ámbito de formación de profesores, muestra cómo los cambios didácticos que en un momento dado puedan manifestarse en los profesores de ciencias, podrían depender fundamentalmente de la reestructuración propia, deliberada y consciente en su epistemología docente, y para ello se hace necesaria la identificación de las estructuras conceptuales base de sus epistemologías docentes iniciales, de las características concretas del programa que se piensa llevar a la práctica y, fundamentalmente, de las nuevas orientaciones que puedan desarrollarse a nivel de esta epistemología docente, las cuales resultan ser la base fundamental para comprender nuevas maneras de desarrollar y de interpretar la práctica docente que el profesor realiza cotidianamente con sus estudiantes.

Apoyados en el modelo de enseñanza por investigación orientada sugerida por Gil (1993), el cual supone el aprendizaje de las ciencias entendido no solamente como el aprendizaje de conceptos sino también, como la formación de actitudes positivas hacia la ciencia y la actividad científica –lo que implica cambios en las prácticas con que se elaboran conocimientos científicos–, es posible establecer paralelismos con el aprendizaje necesario por parte de los profesores de ciencias para favorecer en ellos cambios didácticos.

Nuevas estrategias de formación de profesores, apoyadas en este modelo, han de facilitar necesariamente el aprendizaje de la enseñanza de las ciencias por parte de profesores, entendido éste como cambios conceptuales, epistemológicos, metodológicos y actitudinales del profesorado hacia la enseñanza de las ciencias. Para llevar a cabo estas nuevas estrategias se hace necesario el acompañamiento de un tutor experto que se constituye como un orientador guía de profesores investigadores noveles en ámbitos propios de la enseñanza de la ciencia. Las características de estos nuevos modelos

de formación obviamente tendrán que ser coherentes con las orientaciones constructivistas, y necesariamente tendrán en cuenta para ello las ideas, los intereses, las visiones del mundo, las destrezas, las actitudes, las experiencias previas y las necesidades formativas de los profesores que participan en las mismas, es decir, deben iniciar por el reconocimiento explícito de las ideas espontáneas docentes que los profesores puedan manifestar, así como tienen que orientarse para la reconstrucción de conocimientos didácticos y, en particular, para mostrar la existencia de alternativas didácticas eficaces a modelos de enseñanza habituales tales como el de la transmisión de conocimientos ya elaborados o el del aprendizaje de conocimientos por descubrimiento inductivo y autónomo.

Por otra parte, estos nuevos modelos de formación docente deberán favorecer la reflexión colectiva de los profesores en pequeños grupos sobre los problemas y dificultades que se presentan en el aprendizaje habitual; estas referencias podrán mostrar al profesorado cómo evidentemente estas nuevas orientaciones pueden resultar más eficaces para efectos de resolver problemas que habitualmente enfrentan en el aula de clase. En este sentido, las nuevas concepciones, ideas, creencias y prácticas docentes no se verán reducidas simplemente al plano de la apropiación a la manera de un transvase de innovaciones que muy probablemente poco después serán olvidadas. Un programa de formación de profesores, basado en la reflexión constante sobre los problemas que a diario enfrenta el profesorado, permitirá el tratamiento de situaciones problemáticas didácticas que podrán poner en cuestión el pensamiento docente espontáneo sobre las ciencias, sobre la actividad científica, sobre la enseñanza de las ciencias y, ante todo, sobre las rutinas que habitualmente el profesor desarrolla en la práctica docente cotidiana.

De la misma manera, programas de esta naturaleza han de favorecer la obtención de información relevante y muchas veces pasada por alto sobre la enseñanza convencional, de manera que puedan facilitar otras posibilidades innovadoras en didáctica de las ciencias; será necesario para ello realizar estudios críticos de modelos alternativos de enseñanza, pero necesariamente se requerirá que los nuevos modelos asumidos permitan a los profesores, trabajando con investigadores expertos, vivenciar la posibilidad de implementarlos para alcanzar nuevas evidencias en el aula de clase, todo ello para que la valoración realizada por el propio profesor sea la que conduzca la discusión sobre la eficacia y sobre las diferencias esenciales que pueden surgir entre modelos que podríamos denominar contemporáneos sobre la enseñanza de las ciencias respecto a los modelos habitualmente considerados como tradicionales.

Desde esta perspectiva, resulta pertinente que los programas de formación de profesores tengan en cuenta las propias vivencias de clase y los problemas cotidianos que los profesores enfrentan. Así pues, no se trata de programas de formación de profesores planeados a priori rigurosamente, pues serían de alguna manera “artificiales” en relación con la práctica docente del profesor y con las realidades que a diario vivencia en su práctica docente.

La preponderancia a la integración teoría didáctica-práctica docente que ha de permitir la formación de actitudes positivas del profesorado de ciencias hacia la innovación y la investigación didáctica, ya que favorece un interés más explícito por parte del profesor hacia la actividad docente entendida como una práctica profesional fundamentada en conocimientos y prácticas coherentes con teorías y metodologías especializadas en el estudio de la educación ciudadana y los problemas asociados con la enseñanza, el aprendizaje, la evaluación y el currículo, entre otros. La investigación reciente en el ámbito de la formación del profesorado de ciencias, viene dando evidencia de resultados prometedores que podrían sentar bases para la obtención de mejores resultados en tanto que la eficacia de programas de formación docente apoyados en modelos de enseñanza por investigación orientada y que favorecen el desarrollo de competencias docentes al integrar coherentemente cambios de tipo conceptual, metodológico y actitudinal del profesorado hacia la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias, es decir, cambios didácticos que favorecen transiciones desde concepciones epistemológicas y prácticas docentes habituales, promueven el desarrollo de epistemologías y prácticas docentes coherentes con los resultados de la investigación contemporánea en Didáctica de las Ciencias.

Finalmente habría que decir, que modelos de formación de esta naturaleza podrían favorecer esquemas de actuación dinámicos que favorecen a mediano plazo la inserción de los profesores en tareas propias de la innovación desde la Didáctica de las Ciencias, es decir, que estos profesores pueden terminar por abandonar una práctica que los reduce únicamente a ser consumidores acríticos de resultados de la investigación en educación científica para pasar a ser parte activa y agentes protagónicos dentro de la comunidad de profesores que investigan en este nuevo ámbito del conocimiento educativo.

## Referencias bibliográficas

---

- Aguirre, J. M. y Haggerty, J. M. (1995). Preservice teacher's meanings of learning. En: *International Journal of Science Education*, 17 (1), 119-131.
- Artigas, M. (1989). *Filosofía de la ciencia experimental*. Pamplona: Ediciones Universidad de Navarra.
- Bell, B. (1998). Teacher development in science education. En: *International Handbook of Science Education*. London: Kluwer academic publishers.
- Bell, B. F. y Pearson, J. (1992). Better learning. En: *International Journal of Science Education*, 14 (3), 349-361.
- Bertalanffy, L. V.; Ross Ashby, W.; Weinberg, G.; Milsum, J. et al. (1984). *Tendencias en la teoría general de sistemas*. Madrid. Alianza Editorial.
- Borko, H. y Putnam, R. (1996). Learning to teach. En: D. Berliner y R. Calfee (Eds.). *Handbook of Educational Psychology*. New York: Macmillan.
- Briscoe, C. (1991). The dynamic interactions among beliefs, role metaphors and teaching practices. A case study of teachers change. En: *Science & Education*, 75 (2), 185-199.
- Bunge, M. (1972). *La Investigación Científica*. Barcelona: Ariel.
- Campanario, J. M. (2002). Asalto al castillo: ¿A qué esperamos para abordar en serio la formación didáctica de los profesores universitarios de ciencias? En: *Enseñanza de las Ciencias*, 20 (2), 315-325.
- Carnicer, J. (1998). *El cambio didáctico en el profesorado de ciencias mediante tutorías en equipos cooperativos* [Tesis doctoral]. Universidad de Valencia.
- Carnicer, J. y Furio, C. (2002). La epistemología docente convencional como impedimento para el cambio. En: *Investigación en la Escuela* (47), 33-52.
- Carretero, M. y Limón, M. (1996). Problemas actuales del constructivismo. De la teoría a la práctica. En: M. J. Rodrigo y Arnay (Eds.), *La construcción del conocimiento escolar. Ecos de un debate*. Buenos Aires: Aique.
- Claxton, G. (1987). *Vivir y aprender*. Madrid: Alianza, psicología.
- Cohen y Nagel (1972). *An introduction to logic and scientific method*. London: Routledge and Kegan Paul.

- Copello, M. I. y Sanmartí, N. (2001). Fundamentos de un modelo permanente del profesorado de ciencias centrado en la reflexión dialógica sobre las concepciones y las prácticas. En: *Enseñanza de las Ciencias*, 19 (2), 269-283.
- Cotham, J. C. y Smith, E. L. (1981). Development and validation of the conceptions of Scientific Theories Test. En: *Journal of Research in Science Teaching*, 18 (5), 387-396.
- Dushl, R. (1997). *Renovar en la enseñanza de las ciencias*. Madrid: Narcea.
- Fishbein, M. y Ajzen, I. (1975). *Belief, attitude, intention and behavior. An introduction to theory and research*. Reading, Massachusetts: Addison-Wesley .
- Furió, C. (1994). Tendencias actuales en la formación del profesorado de ciencias. En: *Enseñanza de las ciencias*, 12 (2), 188-199.
- Furió, C. y Gil, D. (1999). Hacia la formulación de programas eficaces en la formación continuada del profesor de ciencias. En: *Memorias Educación Científica. Congreso iberoamericano de educación en ciencias experimentales. Formación permanente de profesores* (pp.129-146). España: Edición Servicio publicaciones Universidad de Alcalá.
- Gil, D. (1983). Tres paradigmas básicos en la enseñanza de las ciencias. En: *Enseñanza de las Ciencias*, 1 (1), 26-33.
- \_\_\_\_\_ (1991). ¿Qué hemos de saber y saber hacer los profesores de ciencias? En: *Enseñanza de las Ciencias*, 9 (1), 69-77.
- \_\_\_\_\_ (1993). Contribución de la historia y de la filosofía de las ciencias al desarrollo de un modelo de enseñanza/aprendizaje como investigación dirigida. En: *Enseñanza de las Ciencias*, 11 (2), 197-212.
- Gil, D.; Carrascosa Alís, J. y Martínez Terrades, F. (1999). *La didáctica de las ciencias: una disciplina emergente y un campo específico de investigación*. Universitat de València.
- Gordon, D. (1984). The image of Science, Technological Consciousness and Hidden Curriculum. En: *Curriculum Inquiry*, 14 (4), 367-400.
- Hempel, C. G. (1976). *Filosofía de la Ciencia Natural*. Madrid: Alianza.
- Hodson, D. (1993). Philosophic stance of secondary school science teachers, curriculum experiences, and children's understanding of science: some preliminary findings. In: *Interchange*, 24 (1-2), 41-52.
- Izquierdo, M. (1996). Relación entre la historia y la filosofía de la ciencia y la enseñanza de las ciencias. En: *Alambique* (8), 7-21.

Kouladis, V. y Ogborn, J. (1989). Philosophy of science: an empirical study of teacher's views. En: *International Journal of Science Education*, 11 (2), 173-184.

Kuhn, S. T. (1962). *La estructura de las revoluciones científicas*. Madrid: Fondo de Cultura Económica.

Kyle, W. C.; Linn, M.; Bitner, B. L.; Mitchener, C. P. y Perry, B. (1991). The role of research in Science Teaching: an NSTA theme paper. En: *Science Education*, 75 (4), 413-418.

Lederman, N. G. (1992). Student's and teacher's conceptions of the nature of science: a review of the research. En: *Journal of Research in Science Teaching*, 29 (4), 331-359.

Matthews, M. R. (1990). History, philosophy and science teaching: A reproachment. En: *Studies in Science Education* (18), 25-51.

\_\_\_\_\_ (1994). Historia, filosofía y enseñanza de las ciencias: la aproximación actual. En: *Enseñanza de las Ciencias*, 12 (2), 255-277.

\_\_\_\_\_ (1998) The nature of science and science teaching. En: B. Fraser y K. Tobin (Eds.). *International Handbook of Science Education*. London: Kluwer Academic Publishers.

\_\_\_\_\_ (1998a) Foreword and introduction. En: *The Nature of Science in Science Education. Rationales and Strategies*. London: Kluwer Academic Publishers.

Mc Comas, W. F. (1998). A thematic introduction to the nature of science: the rationale and content of a course for science educators. En: *The Nature of Science in Science Education. Rationales and Strategies*. London: Kluwer Academic Publishers.

Mc Dermott, L. (1990). A perspective on teacher preparation in physics –other sciences–. The need for special science courses for teachers. En: *American Journal of Physics*, 58 (8), 734-742.

Mosquera, C. J. (2001). *Concepciones de los profesores de química en formación inicial sobre la enseñanza, el aprendizaje y el currículo de ciencias* [Tesina de Investigación]. Universitat de València.

\_\_\_\_\_ (2008). *El cambio en la epistemología y en la práctica docente de profesores universitarios de química* [Tesis Doctoral]. Universitat de València.

Mosquera, C. J. y Zambrano, A. C. (2008). *Educación y formación de competencias en Ciencias Naturales*. Bogotá: Asociación Colombiana de Facultades de Educación ASCOFDE (En prensa).

- Munby, H. y Russell, T. (1998). Epistemology and context in research on learning to teach science. En: *International Handbook of Science Education*. London: Kluwer Academic Publishers.
- Murillo Estepa, P. (2003). Formas de entender el aprendizaje de los estudiantes universitarios: Teorías y Modelos del aprendizaje adulto. En: C. Mayor Ruiz (Coord.). *Enseñanza y Aprendizaje en la Educación Superior*. Barcelona: Octaedro-EUB
- Oliver, S. y Koballa, T. (1992). Science Educators use of the concept of belief. Paper presented at the *65th Annual meeting of the National Association for Research in Science Teaching*. Boston.
- Sabino, C. (1999). *Los caminos de la ciencia*. Bogotá: Panamericana.
- Pope, M. L. y Gilbert, J. (1983). Personal experience and the construction of knowledge in science. En: *Science Education* (67), 193-203.
- Pope, M. L. y Scott, E. M. (1983). Teacher's epistemology and practice. En: R. Halter y J. K. Olson. *Teacher thinking: a new perspective on persisting problems in education*. Lisse: Swets y Zuitlinger. Holanda.
- Porlán, R. (1989). *Teoría del conocimiento, teoría de la enseñanza y desarrollo profesional: las concepciones epistemológicas de los profesores* [Tesis Doctoral]. Universidad de Sevilla.
- \_\_\_\_\_ (1993). *Constructivismo y Escuela. Hacia un modelo de enseñanza-aprendizaje basado en la investigación*. Sevilla: Diada.
- \_\_\_\_\_ (1998). Pasado, presente y futuro de la didáctica de las ciencias. En: *Enseñanza de las ciencias*, 16 (1), 175-185.
- Porlán, R. y López, J. I. (1993). Constructivismo en Ciencias: pensamiento del alumnado versus pensamiento del profesorado. En: *Curriculum*, 6 (7), 91-107.
- Porlán, R.; Rivero, A. y Martín del Pozo, R. (1997). Conocimiento profesional y epistemología de los Profesores/as I: Teoría, métodos e instrumentos. En: *Enseñanza de las Ciencias*, 15 (2), 155-171.
- \_\_\_\_\_ (1998). Conocimiento profesional y epistemología de los Profesores/as II: Estudios empíricos y conclusiones. En: *Enseñanza de las Ciencias*, 16 (2), 271-288.
- \_\_\_\_\_ (2000). El conocimiento del profesorado sobre la ciencia, su enseñanza y aprendizaje. En: F. J. Perales y P. Cañal (Eds.). *Didáctica de las Ciencias Experimentales* (p. 363-388). Alcoy Editorial Marfil.

Resweber, J. P. (1981). *La Méthode interdisciplinaire*. Paris: Université de Strasbourg II. M. E. Rodríguez (Trad.), (2000). *El Método Interdisciplinario*. Bogotá: Universidad Distrital, Centro de Investigaciones y Desarrollo Científico.

Simpson, R. D.; Kobala, T. R.; Oliver, J. S. y Crawley, F. E. (1994). Research on the affective dimension of science learning. En: *Handbook of Research on Science Teaching and Learning*. New York: MacMillan.

Tobin, K. y Espinet, M. (1989). Impediments to change: applications of coaching in high school science Teaching. En: *Journal of Research in Science Teaching*, 26 (2), 105-120.

Tobin, K. et al. (1993). The long hard road from objectivism to constructivism. Paper presented at the Annual meeting of the second international conference of the *History and Philosophy of Science Teaching Conference*.

Zabalza, M. A. (2003). *Competencias Docentes del Profesorado Universitario. Calidad y Desarrollo profesional*. Madrid: Narcea.

# La investigación sobre el conocimiento profesional del profesor: algunos aspectos conceptuales y metodológicos<sup>1</sup>

*Carmen Alicia Martínez Rivera*<sup>2</sup>

*Ana Rivero García*<sup>3</sup>

## Introducción

---

El conocimiento profesional de los profesores es un nuevo objeto de estudio que se ha venido ampliando dentro del campo de la investigación didáctica, gracias a las repercusiones interesantes que sobre esta han tenido los cuestionamientos respecto a las visiones convencionales de entender el conocimiento científico. Siguiendo a Porlán (1996), podemos afirmar que en particular la crisis de la tendencia científicista y tecnológica de la Didáctica ha llevado a que se atienda más a los significados de los sujetos que a la supuesta objetividad y neutralidad del proceso de investigación, y se cuestione, en ese sentido, el intento de traslado de la racionalidad tecnológica a procesos humanos y sociales, de modo que, después de una tendencia de corte experimentalista y cuantitativa, cuestionada a finales de los años 70 y comienzos de los 80 del siglo XX, se ha favorecido la introducción de métodos cualitativos y holísticos hacia una concepción más relativa del conocimiento.

Estas nuevas miradas, con nuevos objetos de estudio, no solo el del conocimiento profesional de los profesores, sino también el del conocimiento escolar y en general el de la didáctica de las ciencias (Porlán, 1998; Gil y otros, 2000), han posibilitado las reflexiones en torno a la epistemología del conocimiento didáctico, desde las cuales se han realizado aportes en torno a cómo se produce este conocimiento, cuáles son los criterios de validez, cuál es su naturaleza, entre otros, a través de investigaciones de autores nacionales e internacionales, quienes han contribuido a este proceso (Claret Zambrano, 2000; Martínez, 2000; Martínez y Rivero, 2001; Martínez, 2005b; Reyes, Salcedo y Perafán, 2001; Perafán, 2004; Porlán y Rivero, 1998 y García, 1998).

---

1 Este escrito recoge aspectos centrales de la tesis doctoral de Martínez (2000) dirigida por la Dra. Ana Rivero García en la Universidad de Sevilla. Agradecemos a la Universidad de Sevilla, a la Universidad del Tolima y a Colciencias por el apoyo en el desarrollo de esta investigación.

2 Profesora Universidad Distrital Francisco José de Caldas.

3 Profesora Universidad de Sevilla.

Los aspectos conceptuales y metodológicos que aquí presentamos en torno al conocimiento profesional de los profesores, son los que han orientado nuestras investigaciones (Martínez, 2000; Martínez y Rivero 2001a, 2001b; Martínez, 2005b; Martínez y Rivero, 2005).

### ¿Construir o descubrir “el objeto” de investigación?

---

Partimos de la necesidad de develar las “gafas” del investigador, es decir, consideramos que la investigación no puede ser asumida como un proceso de “observación pura”, sino de confrontación entre lo que se conoce, con el marco conceptual de quien conoce, de tal modo que no compartimos aquellas posturas según las cuales, el investigador ha de basarse únicamente en sus observaciones (que se suponen puras y neutras), mientras que sí compartimos aquellas que reconocen el proceso de producción de conocimiento, en este caso didáctico, como un proceso de interacción entre el investigador y lo que se investiga, lo que implica reconocer que las miradas sobre el “objeto de estudio” están influenciadas por nuestras maneras de ver el mundo, y plantear límites en la definición del “objeto de estudio” como una necesidad explícita y consciente, ya que la investigación no es neutral pues la cruzan una serie de intenciones de los participantes de la misma.

Se ha buscado situar este análisis en una manera de entender la investigación, desde la cual el objeto de investigación es construido en la interacción y en el proceso de conocimiento, este último influenciado por la cosmovisión, las creencias y supuestos de quienes investigan. La investigación la asumimos como un proceso de negociación entre sujetos, la comunidad de profesionales y la confrontación entre fuentes.

De ahí que acogemos el llamado de atención que autores como Koulaidis y Ogborn (1995) hacen frente a los resultados de sus investigaciones, según las cuales es necesario develar los supuestos del investigador. Estos autores encontraron que 21 de 26 estudios sobre concepciones epistemológicas se basan en posiciones epistemológicas no explícitas en contraste con las otras 5 que sí las explicitan y las discuten. Igualmente, Kember (1997) destaca que en las diferentes investigaciones analizadas, en este caso sobre concepciones de enseñanza, se caracterizan por un marco que denomina “naturístico” por no presentar hipótesis preconcebidas sobre éstas.

Al respecto, retomamos la afirmación de Erickson en el sentido de que si bien es posible que en el proceso de investigación surjan algunas categorías, lo que se investiga está orientado por el marco conceptual del investigador:

*En cuanto a los métodos de trabajo de campo, a veces se piensa que son netamente inductivos, pero esta es una caracterización engañosa. Es cierto que no se determinan de antemano ciertas categorías específicas a ser observadas. Pero también es cierto que el investigador siempre identifica los aspectos conceptuales de interés para la investigación antes de entrar en el lugar (Erickson, 1989, p. 199).*

También Carr y Kemmis (1988) indican que es necesario reconocer que las observaciones están cargadas de teorías, alejándose de lo neutro e indiferente.

De manera similar, esta mirada parece que es asumida hoy en autores como Woods (2000), quien considera que la investigación no es exactamente ni objetiva ni subjetiva, sino que son realidades complementarias, señalando de esta manera una relativización de las visiones inductivas que se hacían en investigación cualitativa:

*Algunos niegan la posibilidad de que exista un estudio objetivo y argumentan que todas las investigaciones son inevitablemente subjetivas; otros mantienen lo contrario, es decir, que la investigación científico social debe tener como meta correcta la verdad objetiva. También están aquellos que creen que ambos aspectos son relevantes y que, lejos de oponerse uno al otro, son en realidad complementarios; se trataría simplemente de los extremos opuestos de un espectro [...]. Personalmente prefiero este segundo enfoque (p. 74).*

Para esta investigación, se ha utilizado el estudio de caso, entendido como “un análisis pormenorizado de la situación que se somete a estudio, una descripción intensiva de las perspectivas y de las acciones en aras de una comprensión más profunda del fenómeno estudiado” (López, 1995, p. 311). Sin embargo, es necesario expresar que compartimos el análisis de López (1995, 2000), en el sentido de considerar que el énfasis inductivo, que aún prevalece en diferentes propuestas para la investigación cualitativa, y en particular para el análisis de caso, no es adecuado para abordar el estudio de una realidad que se ha reconocido como compleja y en la que el investigador no descubre sino que construye en la interacción entre sus marcos interpretativos y las nuevas informaciones de diferentes fuentes (Figura 1).

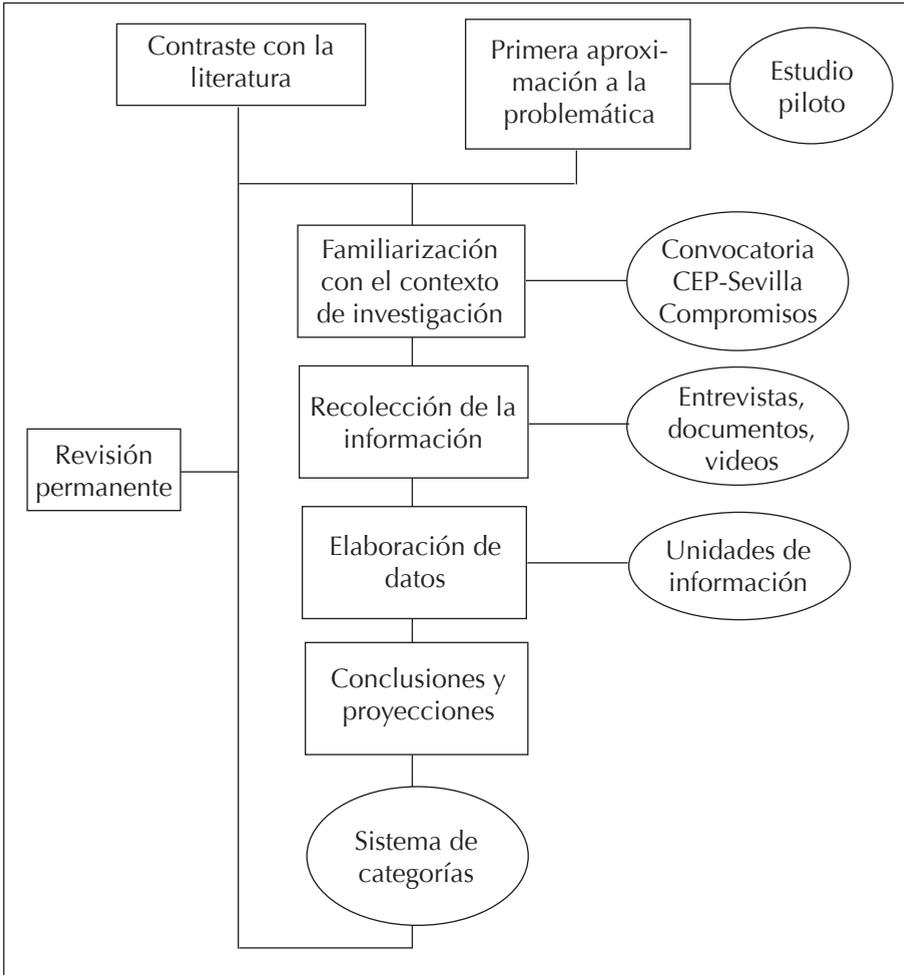


Figura 1. Momentos de la investigación

Desde el proyecto IRES (Grupo de Investigación en la Escuela, 1991), referente principal de nuestro trabajo, se plantean tres elementos fundamentales para asumir la enseñanza de las ciencias y la formación de profesores; como señala Porlán (1996), son tres perspectivas teóricas desde las cuales se asume este principio de síntesis: la perspectiva evolutiva y constructiva del conocimiento; la perspectiva sistémica y compleja del mundo; y la perspectiva crítica. Al respecto este autor precisa: “las investigaciones didácticas requieren de una síntesis metodológica adecuada entre enfoques cuantitativos y cualitativos y una negociación constructiva entre las hipótesis, las categorías, entendidas como provisionales, y los datos” (Porlán et al., 1997, p. 162). Compartimos este planteamiento de necesidad de síntesis metodológica.

Nuestra investigación, centrada en los estudios de caso, ha estado orientada por los siguientes principios: **procesual**, si bien hemos definido unas hipótesis orientativas, unas categorías, etc. estas pueden variar de acuerdo con la interacción, y de esta manera afectar a todo el proceso de investigación. **De confrontación y complementariedad**, ya que pretendemos no tener una única visión, sino confrontar lo que dicen diferentes investigadores y en lo posible, con diferentes fuentes de información. Estos principios nos permiten miradas permanentes sobre lo que ocurre en la investigación, en términos de reconocer la complejidad de la misma e intentar dar razón del propio proceso como una forma de mantenernos “alerta” frente a nuestros propios cambios.

Desde la anterior perspectiva, el investigador tiene una mirada de referencia que incide en lo que investiga; de ahí la importancia de explicitar los puntos de partida para la investigación, atendiendo al carácter dinámico y no acabado de ésta. A continuación presentamos la descripción del proceso final que orientó el análisis de la información, con las respectivas variaciones señaladas por Martínez (2000), deteniéndonos en la descripción de la problemática, las hipótesis, los instrumentos y el análisis de datos.

### ***Acerca del problema de investigación***

La investigación ha buscado caracterizar y analizar el conocimiento profesional de los profesores de ciencias en torno al conocimiento escolar. En particular hemos analizado el tratamiento de los contenidos de enseñanza de propuestas de conocimiento escolar realizadas por profesores de primaria en las clases de ciencias, para lo cual se elaboraron explicaciones hipotéticas que dieran cuenta del tratamiento de los contenidos en dos estudios de caso, tanto en el nivel declarativo como en el de acción, y de esta manera, aportar en el enriquecimiento del ámbito de investigación profesional sobre los contenidos escolares, que contribuyan en el diseño de propuestas de intervención en la formación más adecuada.

El problema central abordado se planteó en la siguiente pregunta: ¿cuáles son las características fundamentales que tienen en cuenta los profesores en el proceso de elaboración de los contenidos de enseñanza en conocimiento del medio? En este sentido hemos realizado una caracterización de aspectos que consideramos fundamentales para el problema: el tipo de contenido que se privilegia, si es conceptual, actitudinal o procedimental; el grado de generalidad de los contenidos propuestos; las fuentes de selección; los referentes tenidos en cuenta; y las relaciones horizontales entre contenidos, niveles de formulación y criterios de validez. En los siguientes apartes desarrollaremos las categorías: fuentes y criterios de selección, y referentes.

En ese orden la investigación ha estado referida al conocimiento profesional de los profesores sobre los contenidos escolares; estos se reconocen como un eje fundamental de la práctica de la enseñanza, por eso, nuestra problemática no se limita a un momento determinado, sino que además del momento previo a la intervención, y a lo que los profesores declaran acerca del tratamiento de los contenidos escolares, hemos incorporado el proceso de intervención educativa. De esta manera, para el estudio, se han definido dos fuentes fundamentales: el nivel previo a la intervención, a través de lo que ellos declaran en una entrevista y en el diseño, y el nivel de desarrollo de los contenidos durante las clases.

Nuestras fuentes se soportan en Porlán (1996) y Toulmin (1972) a propósito de la consideración que ellos hacen sobre la empresa racional: “la empresa racional de una ciencia cultural, no como una población cambiante de conceptos, asociados en teorías más o menos formalmente estructuradas, sino como una población cambiante de científicos, vinculados en instituciones más o menos formalmente organizadas” (Toulmin, p. 268). Así nuestro problema –dar razón del Conocimiento Profesional sobre el Conocimiento Escolar– nos lleva a abordar tanto las ideas –lo que se declara, como lo que se hace– e intenta dar razón de lo que piensan y hacen los maestros como profesionales que tienen a su cargo la enseñanza.

Esta problemática cuenta con la ventaja de que aborda el proceso de elaboración de los contenidos tanto en el nivel declarativo como en el de la acción, asumiendo la complejidad de dicho proceso, pero además se reconoce que aunque no es propósito de la investigación incidir directamente en la formación permanente de los profesores, pretende aportar información para que sea utilizada en dichos procesos; como señalan Cohen y Manion (1989), los estudios de casos son “un paso para la acción” y pueden incidir directamente en ella.

Por otro lado, nos propusimos desarrollar la investigación con maestros que se encontraran en un proceso de cambio, es decir, que estuvieran en una etapa de búsqueda de alternativas a las miradas tradicionales de asumir su práctica, pues considerábamos que de esta manera podríamos encontrar referentes empíricos para ese momento de desarrollo profesional.

Teniendo en cuenta las anteriores consideraciones, se definieron los siguientes subproblemas:

**Subproblema 1:** ¿cuáles son las características fundamentales que tienen en cuenta los profesores en el proceso de elaboración de contenidos para la enseñanza y conocimiento del medio a nivel declarativo?

**Subproblema 2:** ¿cuáles son las características fundamentales que tienen en cuenta los profesores en el proceso de elaboración de los contenidos para la enseñanza y conocimiento del medio durante el desarrollo de las clases? y ¿cuáles son las posibles relaciones que tienen en cuenta los profesores entre las características fundamentales del proceso de elaboración de los contenidos de enseñanza de conocimiento del medio, tanto en los niveles declarativo como de acción ?

El interés de esta investigación, además de caracterizar el tratamiento de los contenidos escolares que hacen maestros en las clases de ciencias, intenta de paso comprender este proceso, ya que son las concepciones epistemológicas de los profesores, uno de los aspectos que parecen relevantes en su conocimiento profesional, pues están relacionadas con la forma en que éstos enfocan la enseñanza (Porlán, 1989; Gil, 1993; García Pérez, 1995; Porlán y Rivero, 1998); por ende, en el tratamiento de los contenidos, quisimos estudiar posibles relaciones entre dicho proceso y las declaraciones de los profesores sobre el conocimiento científico, de modo que enriqueceríamos aun más nuestra mirada sobre la elaboración de los contenidos, pues podríamos elaborar explicaciones hipotéticas en términos de posibles relaciones entre el conocimiento científico y el conocimiento escolar sobre las ciencias.

Para ello definimos el siguiente subproblema:

**Subproblema 3:** ¿cuáles son las características fundamentales de las declaraciones que hacen los profesores participantes en la investigación, sobre el conocimiento científico? y ¿cuáles las posibles relaciones entre éstas y el proceso de elaboración de los contenidos escolares?

Una vez expuestos los problemas de esta investigación, podemos precisar que asumimos la problemática desde una perspectiva analítica sobre el tratamiento de los contenidos escolares, como desde una perspectiva sintética, en términos de las relaciones entre los niveles declarativo y de acción, como en el de las declaraciones sobre el conocimiento científico.

### Algunos supuestos hipotéticos

---

Tal como lo hemos mencionado, nos acogemos a las posturas que asumen que todo investigador tiene unos presupuestos, que de una u otra manera inciden en su investigación. No se trata de seguir el planteamiento de hipótesis, en el sentido clásico de este ejercicio en ciencias experimentales, sino de reconocer que desde la investigación se tienen ciertas miradas so-

bre la misma, que consideramos necesario explicitar. Ahora bien, con esta investigación se quiere reiterar que dichas miradas han venido cambiando, no solo en la interacción con la literatura, sino con los datos y en el proceso de discusión y de contraste con otros.

En este sentido, este análisis, más que pretender caracterizar un punto de vista uniforme, busca caracterizar una tendencia con base en la hipótesis de progresión<sup>4</sup> que aborda diferentes perspectivas o modelos, que parte de visiones tradicionales (nivel 1) hacia visiones investigativas, (nivel 2), pasando por transiciones que pueden ser de tendencia tecnológica o espontaneísta (nivel 3), e identificar posibles ejes obstáculos, movilizadores (dinamizadores) y cuestionamientos que ayuden a comprender el proceso de elaboración de los contenidos escolares, y que puedan servir de base para futuras propuestas en términos de desarrollo profesional. De modo que suponíamos que tanto en el proceso de elaboración de los contenidos escolares, como en las declaraciones sobre el conocimiento científico, era posible encontrarnos con similares ejes obstáculo, dinamizadores y conflicto, que describimos en el apartado correspondiente al análisis de la información.

En este punto, se rectifica que los criterios para la elección de los maestros participantes en la investigación, fueron la consideración de que ellos se encontraran en procesos de búsqueda de alternativas a los modelos tradicionales, que fueran considerados como maestros innovadores; en este sentido esperábamos encontrar características más relacionadas con un proceso de transición, es decir, que se acercaran más al enfoque tecnológico o al espontaneísta, que en nuestro estudio clasificamos como nivel 2 (en negrilla en la Tabla 1, en la que presentamos una hipótesis de progresión elaborada de acuerdo con la propuesta IRES)<sup>5</sup>.

---

4 Las hipótesis de progresión son una propuesta para abordar el conocimiento escolar a modo de posible secuenciación en su construcción en términos de García Díaz "...hipótesis de secuenciación sobre cómo se construye el conocimiento en el aula que, integrando la trama propuesta con los datos que se tengan sobre pensamiento de los alumnos, dote una dimensión dinámica a la organización del conocimiento escolar". (García Díaz, 1998, p.148). Desde el proyecto IRES (Porlán *et al.*, 1997) se plantea que el eje central de la Investigación en la Escuela es la construcción de significados progresivamente más complejos acerca de la realidad, así como la necesidad de disponer de información sobre las concepciones de los sujetos y la naturaleza de los obstáculos asociados, así como hipótesis de progresión deseable de dichas concepciones. También planteado para el conocimiento profesional de los profesores en términos de un proceso de cambio desde visiones más simples hacia visiones más complejas, que se consideran deseables, pasando por niveles intermedios (Porlán y Rivero, 1998; Martín y Porlán, 2000).

5 Tabla elaborada con base en: Rivero, A. (1996), Porlán, R. (1989, 1996), Porlan y Rivero (1998), García (1994, 1998) y otros materiales del grupo DIE.

Este estado de transición se caracteriza por ser un proceso de cuestionamiento de algunos elementos frente a las maneras de entender tradicionalmente el tratamiento de los contenidos, es decir, parafraseando a Porlán y Rivero (1998), lo asumen los profesores que han superado obstáculos actitudinales y han iniciado un proceso de innovación y ruptura con la uniformidad curricular. Por eso, siguiendo a estos autores, esperábamos que los profesores participantes realizaran un tratamiento de los contenidos que podríamos caracterizar como propio de un estado de transición hacia el conocimiento profesional deseable (Martínez, 2000). Así que partimos del supuesto de que **no esperábamos encontrarnos con una manera uniforme** de considerar el tratamiento de los contenidos por parte de los maestros. Y, atendiendo a las consideraciones respecto a la complejidad de dicho proceso de elaboración de los contenidos, pensábamos encontrar diferencias entre el nivel declarativo y el nivel de acción, así como detectar algunos aspectos con cierta coherencia y con contradicciones.

Esta situación justamente es planteada por Porlán y Martín (1996) en el sentido de que las concepciones implícitas generalmente no son coherentes con el pensamiento explícito, lo cual nos llevó a suponer que no encontraríamos coherencias totales entre los aspectos analizados. Por otro lado, parece ser que uno de los principales obstáculos en los procesos de cambio educativo es la tendencia empirista predominante en las concepciones epistemológicas (Porlán, R.; Rivero, A. y Martín, R., 1997).

Niveles	Nivel 1	Tecnológico	Nivel 2	Nivel 3
Tendencia A Visión	Tradicional		Espontáneo	Alternativo
1. Tipos de contenidos (A)	Centrado en aspectos conceptuales sin tener en cuenta su poder estructurante, referidos a productos de las disciplinas que todos los alumnos deben aprender.	Predominio de los aspectos conceptuales aunque se pueden tener en cuenta los procedimentales.	Predominio de los contenidos actitudinales y procedimentales.	Integración de lo conceptual, procedimental y actitudinal.
2. Grado de generalidad (B)	Contenidos conceptuales de bajo nivel de grado de generalidad. Ausencia de un referente sobre grados de generalidad de los contenidos.	Contenidos conceptuales y procedimentales de alto nivel de grado de generalidad.	Contenidos actitudinales y procedimentales de alto nivel de grado de generalidad. Ausencia de trama de contenidos que oriente el proceso.	Contenidos conceptuales, actitudinales y procedimentales de alto poder estructurante.
3. Fuentes de selección (C)	Centrado en los textos y/o disposiciones legales.	Centrado en los paquetes instruccionales	Variadas, en función de los referentes.	Variadas, en función de los referentes.

Niveles	Nivel 1	Tecnológico	Nivel 2	Nivel 3
<b>Tendencia A Visión</b>  4. Referentes (D)	<b>Tradicional</b>  - El conocimiento científico no es importante directamente; indirectamente sí es muy importante. - Las ideas de los alumnos como referente no son importantes. - No tiene en cuenta las relaciones con lo cotidiano.	<b>Tecnológico</b>  - El principal referente es el conocimiento científico, fundamentalmente la lógica de la ciencia. - Las ideas de los alumnos como referente son consideradas como los errores conceptuales a superar. - Se pueden adaptar los contenidos al conocimiento cotidiano.	<b>Espontáneo</b>  - El conocimiento científico no es decisivo como referente. - Las ideas de los alumnos como referente son decisivas frente a sus intereses pero no frente a sus teorías. - El principal referente es el conocimiento cotidiano.	<b>Alternativo</b>  - Se tienen como referentes el conocimiento científico, el cotidiano y el metadisciplinar. El conocimiento científico es importante en la identificación de obstáculos, de conceptos estructurantes, etc. - Las ideas de los alumnos son importantes en la elaboración de hipótesis de progresión. Es sobre lo que se trabaja. - Es decisivo establecer relaciones con lo cotidiano.
5. Relaciones horizontales (E)	Organización fragmentada, corresponde a un listado aditivo. Priman las relaciones directas frente a las recursivas.	Secuencia escalonada y rígida en función de objetivos operativos y la lógica de la ciencia. Priman las relaciones directas frente a las recursivas.	Solo se organizan grandes núcleos de contenidos, los demás se organizan en función de los alumnos.	Se organizan tramas. Son relevantes tanto las relaciones directas como las recursivas.

Niveles	Nivel 1	Nivel 2	Nivel 3
<b>Tendencia A Visión</b>	<b>Tradicional</b>	<b>Tecnológico</b>	<b>Alternativo</b>
6. Niveles de formulación (F)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Los contenidos son previamente definidos, sin cambios en el proceso. Centrado en datos y etiquetas.</li> <li>- Se dan cambios graduales del no saber al saber.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Los contenidos son previamente definidos, sin cambios en el proceso.</li> <li>- Se dan cambios graduales mediante la superación de errores (escalonamiento prefijado).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- No hay un diseño previo de los contenidos, varían en el proceso sin un hilo conductor explícito.</li> <li>- Hay cambios graduales o no, sin hipótesis que orienten el proceso.</li> </ul>
7. Criterios de validez (G)	Lo más cercano al texto. Quien valida es el profesor.	Lo más cercano a los objetivos planteados. Quien valida es el profesor.	Lo válido son aquellas formulaciones de mayor complejidad respecto a las iniciales, de acuerdo con la negociación profesor-alumno(s) y con base a la argumentación y coherencia

Tabla 1. Hipótesis de progresión sobre el conocimiento escolar

Con los anteriores referentes partimos del supuesto de que a pesar de que los maestros estuvieran involucrados en un proceso de innovación didáctica, dado lo supuestamente arraigado de las concepciones empiristas en la cultura docente, esperábamos que esta fuera la tendencia en los maestros participantes. Lo cual quiere decir que pensábamos que las declaraciones sobre el conocimiento científico estarían relacionadas con ideas, según las cuales este es parte de la realidad externa, que se conoce a través de un proceso objetivo y neutro de aplicación de pasos previamente definidos en el método científico para descubrir una verdad, es decir, con visiones del nivel 1 según nuestra hipótesis de progresión presentada en la Tabla 2<sup>6</sup> (en negrilla).

Otro supuesto era que la caracterización que realizáramos respecto al proceso de elaboración de los contenidos escolares, podría ser explicada usando algunas de las características elaboradas a partir de las declaraciones enunciadas por los maestros sobre el conocimiento científico. Es decir, se esperaba encontrar relaciones entre las declaraciones sobre el conocimiento científico y el tratamiento de los contenidos, ya que, siguiendo el análisis de Porlán y Rivero (1998), las “cosmovisiones” influyen en el conocimiento de los profesores y pueden explicar las posibles contradicciones.

En ese sentido, nuestros resultados aportan a este debate, señalando la complejidad de estas relaciones. Y aunque no es objeto de este escrito debatirlos, sí se puede resaltar cómo estos contribuyen en el análisis acerca de qué entender por conocimiento escolar, por eso nos planteamos interrogantes como: ¿lo que se enseña en la institución educativa es el conocimiento científico?, ¿en el conocimiento escolar se asume un proceso de sustitución del conocimiento de los estudiantes por el conocimiento científico? o ¿se considera que son independientes y su uso depende del contexto? o ¿el conocimiento escolar es un conocimiento epistemológicamente diferenciado?, ¿un conocimiento que se basa tanto en el conocimiento científico como en el cotidiano?, ¿dando lugar a un conocimiento más complejo? (García, 1995a, 1995b). Estos y otros cuestionamientos, producto de los resultados de la investigación, se pueden consultar en Martínez (2000; 2005a; 2006), Martínez y Rivero (2000; 2001a; 2001b; 2005) y Martínez y Chaparro (2004). Textos en los que además se trabajan categorías importantes como fuentes y criterios de selección, referentes y criterios de validez. Igualmente se evidencia la importancia de profundizar en el análisis desde la epistemología escolar.

---

6 Martínez, R. C. Tabla reelaborada con base en: Porlán, R. (1989, 1996); Rivero, A. (1996); Porlán y Rivero (1998) y otros materiales del grupo DIE.

Niveles	Nivel 2			Nivel 3
	Nivel 1	Empirismo	Relativismo	
<b>Tendencia A</b>	<b>Racionalismo</b>	<b>Empirismo</b>	<b>Relativismo</b>	<b>Evolucionismo</b>
1. Nivel ontológico (H)	El conocimiento se encuentra en la mente humana, se adquiere por el poder de la lógica racional.	El conocimiento se encuentra en la realidad externa, es una realidad única.	Cada sujeto tiene su propio conocimiento, hay tantas realidades como sujetos.	El conocimiento es compartido entre sujetos, hay múltiples realidades socialmente compartidas.
2. Sentido de la Objetividad (I)	Los sentidos tergiversan la realidad.	Se ha de ser objetivo y neutro; de las observaciones imparciales y pacientes se plantean leyes y teorías generales.	No hay neutralidad ni objetividad, la subjetividad e intereses de cada persona siempre influyen en el conocimiento.	La "objetividad" y "neutralidad" se establecen en el consenso de las comunidades (intersubjetividad).
3. Criterios de validez (I)	A través del rigor lógico se puede llegar a conocimientos verdaderos.	A partir de la observación rigurosa se llega a verdades universales.	Las verdades las define cada sujeto, son relativas a cada uno. No es posible establecer criterios de validez universal.	El consenso de las comunidades define lo que es válido, así como los criterios y grados de validez. Criterios estos que evolucionan con el tiempo.

Niveles	Nivel 1		Nivel 2		Nivel 3
	Racionalismo	Empirismo	Relativismo	Evolucionismo	
Tendencia A					
4. Relación con otras formas de conocimiento (K)	Superioridad del conocimiento científico.	Superioridad del conocimiento científico.	Todo conocimiento es igual de válido.	Los conocimientos tienen diferentes grados de organización y validez, según el para qué del análisis.	
5. Metodológico (L)	El conocimiento se produce aplicando categorías universales definidas a priori.	La aplicación de los pasos del método científico: observación, planteamiento de hipótesis, experimentación y elaboración de teorías.	El método de producción de conocimientos es relativo a cada sujeto: libertad creativa.	El método es relativo y adecuado a la problemática investigada y a la comunidad crítica que participa.	
6. Dinámica (M)	Es un proceso acumulativo. No hay incidencia del contexto social-histórico.	Es un proceso acumulativo e inductivo o falsacionista. No hay incidencia del contexto social-histórico.	Procesos de cambio revolucionario. Determinados por la autoridad local transitoria y el condicionamiento histórico absoluto.	Hay cambio conceptual evolutivo por medio de procesos socio-históricos y de actos racionales que ejercen autoridad universal transitoria y condicionamiento histórico relativo.	

Tabla 2. Hipótesis de progresión sobre concepciones sobre el conocimiento científico

### **Los maestros**

Tomamos, como eje central de la investigación maestros de primaria, ya que contábamos con mayores referencias, pero consideramos que igual de relevante para la investigación, son los maestros en formación básica, media, tecnológica o universitaria. En nuestro propósito no solo de caracterizar la problemática, sino además de comprenderla hacia posibles procesos de cambio, abordamos el trabajo con profesores innovadores, entendiéndolos como aquellos que se encuentran insatisfechos con sus prácticas y realizan trabajos en la búsqueda de alternativas para mejorar los procesos de enseñanza-aprendizaje.

Con los maestros convocados tuvimos en cuenta las recomendaciones señaladas por Erickson (1989) y López (1995), en el sentido de realizar con ellos una negociación adecuada desde el comienzo. Por ello, hicimos las siguientes actividades: información del proyecto; negociación de compromisos y de la confidencialidad de los datos, en el sentido de que se usarían nombres ficticios, aunque los maestros indicaron que no tendrían inconveniente de que se usaran sus nombres. Y aclaración respecto a por qué requeríamos de su participación.

Siguiendo la propuesta de López (1995) de realizar la selección con base en criterios explícitos, tuvimos en cuenta los siguientes **criterios** para definir la selección de los maestros: a **nivel actitudinal**: miramos fundamentalmente la voluntariedad y disponibilidad para participar en el estudio; respecto a las **características de su práctica**: que fueran maestros considerados como “destacables” en la búsqueda de alternativas a los modelos de enseñanza tradicional; en cuanto al **ámbito de trabajo**: lo limitamos a nivel de la educación primaria y al área del conocimiento del medio (que nuestro medio comprende el área de ciencias naturales); frente a la **actividad docente**: además de la ya mencionada actividad innovadora, preferimos a aquellos maestros que llevaran un mayor tiempo desarrollando dichas actividades, puesto que suponíamos que habían consolidado un “conocimiento profesional” más sólido, que enriquecería la investigación.

### **Los instrumentos**

Los instrumentos utilizados fueron: entrevistas, observación, diario de campo, registros magnetofónicos y audiovisuales. Para el nivel declarativo usamos unos instrumentos y para el de acción otros, que describimos a continuación (Tabla 3).

Subproblema	Nivel	Instrumentos
1	Declarativo	- Entrevista - Diseño de unidad didáctica
2	Acción	- Registro audiovisual
3	Declarativo	- Entrevista

Tabla 3. Instrumentos para la recolección de información.

### Instrumentos para el nivel declarativo (nivel previo)

Utilizamos dos fuentes: la entrevista y el diseño de la unidad didáctica. La entrevista fue semiestructurada, con la pretensión de indagar acerca de los aspectos implicados, atendiendo a las categorías de análisis elaboradas (ver Tablas 1 y 2). Para su realización tuvimos en cuenta las recomendaciones metodológicas presentadas por Piaget (1984), Porlán (1989) y Cañal (1988), en el sentido de no inducir las respuestas, iniciar la entrevista con una exposición del propósito del trabajo, usar preguntas abiertas, no hablar más que el entrevistado y favorecer las respuestas espontáneas.

**La entrevista** la organizamos en dos partes: en la primera se plantearon preguntas abiertas relacionadas con la selección de los contenidos de la enseñanza; y en la segunda, las personas entrevistadas recibían cada una de las frases relacionadas con concepciones epistemológicas, sobre las cuales debían de indicar si estaban o no de acuerdo y por qué.

No elaboramos una pregunta para cada categoría de análisis, sino algunas preguntas que sirvieran como orientación, a través de las cuales los profesores pudieran comentar el tratamiento que hacían de los contenidos, de modo que fuera un proceso más dinámico y menos rígido.

Las preguntas y afirmaciones fueron elaboradas teniendo como base fundamental los instrumentos diseñados por el grupo DIE (Didáctica e Investigación Escolar, de la Universidad de Sevilla), así como el Inventario de Creencias Pedagógicas y Científicas de los Profesores (INPECIP) (Porlán y otros, 1997).

Para **el diseño de la unidad** solicitamos a los profesores que la elaboraran de acuerdo con su propia experiencia, es decir, que eligieran los temas o problemas que ellos quisieran, que les llamaran la atención, o en los que se consideraran con un mejor desempeño, etc. No ofrecimos ningún otro

parámetro para la realización de dicho diseño más que el ya mencionado, pues deseábamos conocer lo que ellos tenían en cuenta.

Cabe enunciar que desde la concepción de investigación que asumimos, teníamos claro que ya como observadores estábamos interfiriendo, pero dadas las características de los maestros, suponíamos que esta interferencia era mínima, ya que serían ellos quienes elaborarían la propuesta que considerarían deseable, a partir de su propia experiencia (Candela, 1999).

### ***El tratamiento de la información proveniente del nivel declarativo (nivel previo)***

Este nivel fue realizado con base en la propuesta de análisis de contenido de Bardín (1996) y las recomendaciones de Porlán, Rivero y Martín (1997) y Rivero (1996). Esto es, realizamos un proceso de codificación, elaboración de unidades de información, de categorización o clasificación según criterios semánticos, y de inferencia no en el sentido de realizar una inducción a partir de los hechos, sino de establecer interpretaciones controladas e hipotéticas a partir del proceso anterior. Previo al proceso de codificación, las entrevistas fueron transcritas por completo. Proceso en el que intentamos registrar elementos del contexto como pausas, risas, interrupciones, etc.

**La codificación**, de acuerdo con Bardín (1996), corresponde al tratamiento de los “datos brutos”, de modo que son transformados en unidades que permiten la descripción del contenido. Este proceso comprende la elección de las unidades, la enumeración y asignación de códigos y la clasificación y agregación para la elección de categorías (si no están previamente establecidas) siguiendo la propuesta de Porlán (1989), López (1995) y Rivero (1996), como lo describimos más adelante (Figura 2).

**La categorización**, la entendimos como el proceso en el que se clasifican y agrupan las unidades de acuerdo con criterios previamente definidos (Bardín, 1996). Para nuestro caso tuvimos en cuenta criterios semánticos en torno a cada una de las categorías. Estas aparecen descritas en las Tablas 1 y 2, y fueron las que finalmente utilizamos en la investigación, pero que durante el proceso sufrieron modificaciones; recordemos, que partimos de la consideración de que no asumimos la investigación como un proceso de descubrimiento, sino orientada por los referentes del investigador; este no fue un proceso rígido sino flexible, por lo cual fue posible que en el mismo surgieran categorías que no se tuvieron en cuenta previamente y que se consideraran relevantes, que otras fueran delimitadas en función de los datos, u otro tipo de modificación.

En este proceso de categorización cada unidad de información fue identificada así:

E= Proveniente de la entrevista.

U= Proveniente de la unidad didáctica.

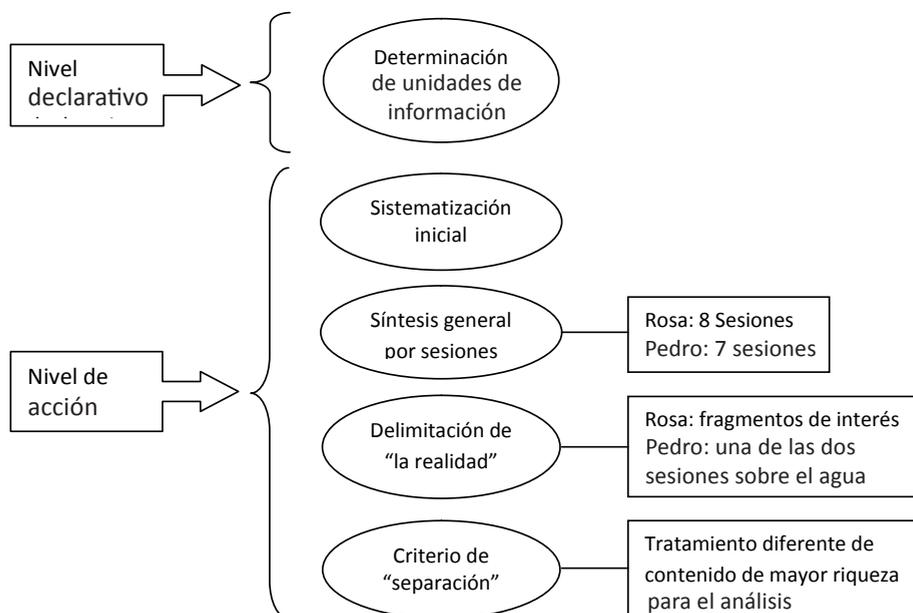


Figura 2. Elaboración de los datos

De tal manera, que toda unidad de análisis debía contemplar la siguiente información: fuente de donde proviene la información (entrevista, o unidad didáctica); persona a quien se refiere (el maestro entrevistado, observado, que se identifica con la letra inicial de su seudónimo); número de la unidad de información (1, 2, 3, etc., según el orden de aparición) y; categoría de la que da información (tipo de contenido, etc).

Así, por ejemplo la información identificada como: E.L.3.A. nos indica que es información proveniente de una entrevista a la persona L (Lulú, con quien realizamos el estudio piloto), es la unidad de información número 3, sobre la categoría A: Tipos de contenidos. Siguiendo los códigos empleados para identificar las categorías de análisis, las señalamos en las Tablas 1 y 2.

Consideramos pertinente destacar que en principio se busca establecer la diferencia entre unidades de información y constructos, siguiendo la metodología propuesta por Porlán (1988). Sin embargo, una vez revisado el material recogido, se observó que para nuestro caso era más enriquecedor

trabajar con las unidades de información, para lo cual seguimos la propuesta de Porlán (1995) y de Rivero (1996), en el sentido de que las unidades de información no son consideradas en sentido estricto como proposiciones con una única información, sino en un sentido más amplio: “proposición o conjunto de proposiciones, que incluyen una o varias unidades semánticas pertenecientes a la misma categoría, de manera que manteniéndolas unidas se obtiene más información que separándolas” (Rivero, 1996, p. 197). Esta decisión no solo enriquecía la investigación, sino que economizaba el tiempo, pues era innecesaria la elaboración de constructos.

Quisimos contrastar con otro investigador este proceso de categorización; para ello una cuarta parte de la información recogida para este nivel declarativo, fue puesto a juicio de una investigadora, quien la categorizó. Dado el grado de acuerdo (90%), consideramos como satisfactorio el proceso que realizamos. Reconocemos que el hecho no está tanto en este porcentaje de acuerdo, como en el proceso de confrontación permanente con otros investigadores, lo que da más seguridad frente al desarrollo de la investigación. Así, tener las categorizaciones realizadas por nuestra investigadora “externa”, aportó otro punto de vista fundamental para confrontarnos en la categorización de las unidades de información. En este proceso incluso comparamos las valoraciones e interpretaciones, en las que igualmente encontramos un alto grado de acuerdo.

## Instrumentos para el nivel de acción (nivel de intervención)

---

Planteamos la caracterización del tratamiento de los contenidos en el desarrollo de las clases con base en la observación que realizó la investigadora durante todas las sesiones en las que los maestros desarrollaron la Unidad Didáctica diseñada por ellos (aproximadamente 9 horas por cada caso analizado).

Para esto se utilizó una cámara de video, que se tuvo fija en un trípode ubicado al fondo del salón, evitando mínimas interferencias, pero con la posibilidad de mover el cabezal, con lo cual se dirigió la cámara a las personas que la investigadora consideró relevantes en cada caso. Diferentes autores destacan las ventajas del uso de grabaciones audiovisuales, por ejemplo Erickson (1989) señala que aunque éstas no sustituyen a la observación, ofrecen, entre otras ventajas, la posibilidad de elaborar una descripción más exhaustiva y de contribuir a evitar las “tipificaciones prematuras”. Adicionalmente, es de anotar que la investigadora fue quien estuvo a cargo de la cámara, de modo que los eventos seguidos a través de ésta responden a los intereses de la investigación, ya que como señala

Erickson, es importante tener en cuenta el posible “sesgo en el muestreo y en la observación”, en el sentido de las decisiones del observador acerca de dónde estar y hacia dónde enfocar la atención. En este caso estas fueron decisiones que la misma investigadora tomó en su momento.

Baena (2000) es otra autora que en su revisión de estudios sobre el pensamiento del profesor en el área de ciencias y su relación con la práctica de su enseñanza, habla sobre la necesidad del uso de observaciones en el aula como instrumento de análisis. Igual opinan Fernández *et al.* (1999), quienes consideran que donde mejor se da a conocer el pensamiento del profesor sobre la enseñanza, es en el trabajo de aula.

Para nuestro caso se realizó un trabajo previo de ambientación en el que la investigadora fue presentada a los niños para tener una mayor familiaridad. Igualmente en dichas sesiones se identificó el sitio más adecuado para las filmaciones; esto permitió que tanto el profesor como los niños asumieran con más naturalidad la presencia de la cámara y de la investigadora, siguiendo las recomendaciones propuestas por Cubero (1996) y Candela (1999).

Tanto en el caso del diseño de la unidad, como en el desarrollo de las clases, era de suponer el efecto distorsionador; de todas maneras, como lo señala Candela (1999), lo que se pone en juego son las concepciones y lo que saben hacer los maestros: “Ellos solo pueden hacer lo que saben hacer y ponen en juego lo que piensan que espera el observador. Se puede pensar que lo que se registra en el caso de que el maestro haga un esfuerzo, es lo que para él sería una clase modelo y esto nos refleja sus concepciones y posibilidades de desempeño en la práctica” (p. 245).

En la caracterización del proceso de elaboración de los contenidos escolares en la acción, nos encontramos con que dar razón de este proceso fue nuestra pregunta sobre el qué, indisoluble del cómo, pues bien sabemos que más aun en la acción, es imposible esta fragmentación. De todas maneras, y manteniendo nuestra intención de dar razón del qué, pero desde una mirada no simplista, fue como nos introdujimos en las clases desarrolladas por los maestros participantes de la investigación.

De modo que dar razón del proceso de elaboración de los contenidos escolares, era dar razón del conocimiento escolar con una mirada centrada en el qué. Era reconocer un escenario particular, con unos actores, unas intenciones también particulares y unas formas de valoración propias, como señala Rodrigo (1994, en García Díaz, 1998): “Cada escenario tiene unos fines, unos actores, unas formas de interacción, unos discursos y unos pro-

cesos de negociación, característicos y diferentes a los de otros escenarios, que determinan, a su vez, que cada escenario esté adaptado a la forma de conocimiento que se construye en su seno” (p. 45).

Queremos señalar que los materiales recogidos pueden ser importantes para futuras investigaciones, así como para propuestas iniciales o permanentes en la formación de profesores; justamente el hecho de tener estos materiales es uno de los aspectos que Cohen y Manion (1989) señalan como ventajas del estudio de caso:

*Los estudios de casos, considerados como productos, pueden formar un archivo de material descriptivo lo suficientemente rico como para admitir una reinterpretación subsiguiente. Dada la variedad y complejidad de las propuestas y ambientes educativos, existe un valor obvio en tener una fuente de datos para investigadores y usuarios cuyos objetivos pueden ser diferentes de los propios nuestros (p. 194).*

Y que de hecho han permitido el desarrollo de otras investigaciones (Martínez, 2005b; Martínez, 2006).

### ***El tratamiento de los datos del nivel de acción (nivel de intervención)***

A los registros audiovisuales se les realizó una **sistematización inicial**, mediante la elaboración de un cuadro síntesis de descripción general, en el que registramos los siguientes aspectos: tiempo de proyección, número de la cinta de video, número de la sesión, tiempo observado, tema central y observaciones de interés. Queríamos tener en cuenta tanto el tipo de contenidos como las fuentes, los criterios de validez, etc., según nuestras categorías, pero no de manera detallada, sino que nos permitiera un panorama general para determinar momentos clave o de interés para la selección de los que se iban a analizar. Además, elaboramos una síntesis por sesión de clase, de modo que podríamos tener dos visiones generales de las clases registradas en dos niveles de generalidad.

Con base en los cuadros, realizamos la selección de las sesiones a transcribir y a analizar, momento que denominamos **delimitación de la realidad**. Seleccionamos las cintas a transcribir junto con otra investigadora; en éstas buscamos elegir momentos que dada su diversidad nos llamaran la atención y de paso enriquecieran el análisis.

Éste, consideramos ha sido un proceso de ir y venir entre lo general y lo específico: el video, la sistematización inicial, el panorama general y, según fuera necesario, otra vez la sistematización inicial y el video, tanto en este momento de selección como en las demás etapas del proceso.

Los momentos elegidos fueron transcritos recogiendo información de contexto, de modo que su lectura permitiera acercarnos a la complejidad de las clases. Para ello, tuvimos en cuenta aspectos como murmullos o ruidos, las intervenciones que se hacían interrumpiendo otra, si se hacía énfasis en algunos términos, si había pausas, etc. Por eso definimos unas pautas para la transcripción, teniendo en cuenta las sugerencias de Cubero (1996) y de Candela (1999), que se indican en la Tabla 4.

<i>Fuente</i>	<i>Símbolo</i>	<i>Significado</i>
La entrevista	E:	Intervenciones de la persona que entrevista
	R: ó P:	Intervenciones de profesor entrevistado (R es Rosa y P es Pedro)
	( )	Lo que aparece escrito son comentarios de la entrevistadora
	(..)	Segundos en silencio
	XX	No se ha entendido lo que se dice
El diseño de la unidad didáctica	( )	Lo que aparece escrito son comentarios de quien analiza la información
	[..]	La información que seguiría es retomada en otra unidad de información
La observación de clase (registros del vídeo)	R: ó P:	Intervenciones de profesor entrevistado (R es Rosa y P es Paco)
	A:	Alumno o alumna
	As:	Varios estudiantes simultáneamente
	::	Se hace énfasis en la palabra o en la sílaba.
	<	Lo que aparece escrito se ha pronunciado en un tono más bajo
	>	Lo que aparece escrito se ha pronunciado en un tono más alto
	( )	Lo que aparece escrito son comentarios de la observadora en la transcripción
	/	Se ha dicho simultáneamente a lo anterior
	XX	No se ha entendido lo que se dice
	**	Hay ruido de fondo, generalmente son varios niños hablando simultáneamente
	&	Se ha decidido no transcribir pero son frases cortas
	---	No se transcribe, son textos más largos
	(..)	Segundos en silencio
	[..]	No se ha tomado en cuenta algunos apartes de la transcripción del vídeo en la elaboración de las unidades de información o estructuras de interacción de la observación
	[ ]	Lo que aparece escrito son comentarios de la investigadora en la elaboración de las unidades de información

Tabla 4.

Luego procedimos a un momento que creímos relevante en este proceso, **la elaboración de datos**. Tal como teníamos la información, considerábamos que aunque era susceptible de ser analizada, no nos permitía un proceso sistemático de análisis, y si bien reconocíamos que nuestro proceso era fundamentalmente interpretativo, quisimos intentar abordarlo de manera que pudiéramos argumentarlo de modo más sistemático. Al respecto nos enfrentamos a dos asuntos, el primero, a qué llamar unidad de análisis, y el segundo, la necesidad de modificar nuestras categorías.

La unidad de análisis fue un constante cuestionamiento, pues la lectura de las transcripciones, de alguna manera nos adentraban a una parte de la complejidad de la acción educativa, por eso nuestra pregunta fue ¿a qué llamar unidad de análisis, de modo que pudiéramos aprovechar esa riqueza de información?

Aunque nuestro centro de atención en la investigación eran los maestros, queríamos reconocer que su acción en el aula se daba en función de un contexto determinado, por ello la participación de los alumnos era fundamental y no debíamos ignorarla; este hecho nos llevó a ampliar la unidad de análisis, independientemente de que las categorías siguieran siendo el centro de interés fundamental (tipos de contenidos, fuentes, criterios de validez, etc.); pero ahora era necesario tener en cuenta la complejidad que se presentaba en la dinámica de la clase. Aunque, eso sí, sin perder de vista que si bien nuestra preocupación era reconocer esa complejidad, no eran motivo de nuestra investigación ni la interacción, ni el proceso de construcción conjunta.

Como lo afirma Candela (1999), la unidad de análisis depende de la investigación. De tal manera que las transcripciones fueron sometidas a dos tipos de tratamiento: en el primero elaboramos unidades de información con base en las intervenciones de los maestros, pero releýéndolos e intentando contextualizarlos para no caer en una interpretación equivocada; en el segundo tratamiento, realizamos una caracterización de las estructuras de interacción que nos resultaron relevantes, y desde las cuales se complementa nuestro análisis en atención a la interacción; esta segunda opción la seguimos con las recomendaciones de Cubero (1996), pero sin intentar abordar un análisis del discurso ni de las interacciones.

Por lo dicho anteriormente, este proceso de cortar, seleccionar, etc., reitera nuevamente el papel del investigador, como parte del fenómeno que

pretende estudiar, así como la necesidad de la permanente revisión conjunta de las decisiones del investigador con expertos. Al respecto, estamos de acuerdo con Candela (1999) cuando afirma que ese proceso es una construcción del investigador: “Cualquier tipo de registro, aun, las transcripciones más fieles a una grabación, son una construcción del analista pues el analista escucha o ignora según ciertas expectativas y marcos teóricos de los que parte consciente o inconscientemente” (p. 236).

Recordemos que nuestra investigación está orientada por categorías de análisis, a diferencia de otras investigaciones que consideran que éstas surgen de la observación. Esto no indica que no reconozcamos esa interacción entre la observación y los supuestos de partida, como lo señala López (1995): “un proceso deductivo-inductivo que va de la teoría existente a la práctica concreta, y no solo un proceso inductivo-deductivo que va de la situación particular a la teoría que el investigador construye sobre la misma” (p. 311). De modo que en el tratamiento inicial propuesto, veíamos una forma no adecuada de analizar el proceso de elaboración de los contenidos, pues fragmentaba las intervenciones del maestro y no dejaba ver el contexto.

Por ello, con base en las categorías, y tomando como criterio de “separación” el cambio en el tratamiento del contenido, realizamos el proceso de categorización, de tal manera que no fuera por cada intervención, sino que incluso en algunas intervenciones era necesario hacer dos o más análisis de categorías; es decir, en cuanto aparecen contenidos con referentes, niveles de formulación, organizaciones diferentes, entonces realizamos el análisis. De esta manera, a lo que llamamos intervención, en ocasiones es un fragmento de la misma, ya que para el análisis resultaba más interesante la separación.

Para este proceso de elaboración de los datos realizamos una especificación de cada categoría de análisis, que nos ayudó en la organización de la información y en el análisis de los datos. En la Tabla 5 presentamos algunas de las categorías con las especificaciones tenidas en cuenta, unas definidas previamente y otras resultado de la confrontación con los datos, que más adelante explicamos.

<i>Categoría</i>	<i>Código</i>	<i>Posibilidades analizadas</i>	<i>Código</i>
Tipos de contenidos	A	- Contenidos conceptuales. - Contenidos procedimentales. - Contenidos actitudinales.	C P A
Fuentes y criterios de selección	C	- Alumno aporta información sin requerimiento del maestro/a. - Alumno aporta información con requerimiento particular del maestro /a (se ha dirigido a él). - Alumno aporta información con requerimiento general del maestro /a (se ha dirigido al grupo en general). - Alumno plantea una pregunta sin requerimiento del maestro/a. - Maestro/a aporta informaciones (explicaciones). - Maestro/a plantea problemas. - Texto. - Experiencias.	A1 A2 A3 A4 R1-P1* R2-P2 T E
Referentes	D	- Conocimientos cotidianos. - Conocimientos científicos. - Mezcla de conocimientos cotidianos y científicos. - Conocimiento escolar anterior estereotipado (Ej: las plantas en el día hacen la fotosíntesis y respiran en la noche).	1 2 3 4
* R o P identifican a Rosa o Pedro, los nombres ficticios dados a los profesores.			

Tabla 5. Ejemplo de códigos usados en el análisis de contenido de la información procedente del nivel de acción.

Siguiendo la categorización propuesta por Coll *et al.* (1992) y por el proyecto IRES (1991), en principio diferenciamos **el tipo de contenido** como conceptual, actitudinal o procedimental, teniendo en cuenta los siguientes acuerdos: limitarnos a aquellos contenidos explícitos y que se manifestaran a todo el grupo, por lo que no íbamos a considerar las discusiones entre pequeños grupos o comentarios entre alumnos, o las intervenciones de control, etc. También decidimos no contemplar aquellos contenidos ac-

titudinales y procedimentales que no estuvieran directamente referidos al contenido conceptual planteado, en nuestro caso, al agua. Estos aspectos nos delimitaron los datos y ayudaron a hacer más abordable el análisis.

En cuanto a las **Fuentes y criterios**, buscamos en primer lugar identificar la fuente de la información (García Díaz, 1998; García Pérez, 1999) así: si era el alumno (A), el maestro (P o R según fuera el caso de Rosa o de Pedro), el texto (T), y las experiencias (E). Además, consideramos relevantes las condiciones en las que se introducía dicha información, entonces diferenciamos cuando el alumno aportaba información sin requerimiento del maestro /a (A1), cuando lo hacía a solicitud del maestro o maestra, si dicha solicitud era dirigida a este alumno en particular (A2) o a todo el grupo (A3), o si la información se introducía mediante preguntas que elaboraba el estudiante (A4). También, en el caso del maestro, diferenciamos si la información se introducía a modo de explicaciones (R1, P1) o de preguntas (R2, P2). Estas diferencias nos permitieron enriquecer el análisis, puesto que, por ejemplo, no es lo mismo tener numerosas intervenciones del maestro dirigidas a realizar explicaciones, que a plantear preguntas y/o problemas.

En cuanto a los **Referentes** (García Díaz, 1998, García Pérez, 1999), el propósito era identificar la perspectiva desde la cual se planteaban los contenidos. Los identificamos con números, según fuera conocimiento cotidiano (1), científico (2) o mezcla de cotidiano y científico (3). Esta fue una categoría de constante revisión y confrontación con el texto. Su definición, veámos, no estaba dada por el contenido en absoluto, sino que dependía del contexto. Para llevar a cabo la categorización, consideramos el uso de términos, de descripciones o explicaciones propias del lenguaje científico o cotidiano, según sea el caso; cuando teníamos dudas, tomábamos como criterio el siguiente cuestionamiento: ¿son expresiones que se pueden reproducir en un ambiente cotidiano? Si la respuesta era afirmativa, era de código 1 (referente cotidiano) y si era negativa, podría ser una mezcla entre el lenguaje del conocimiento científico y el del cotidiano, o fundamentalmente científico.

Hubo intervenciones en las que de manera más rápida determinamos el referente, por ejemplo al hacer mención de la caída del agua en un paraguas, que es un contenido sobre el transporte del agua hacia abajo, se hace desde un referente cotidiano; o al identificar el proceso de cambio de estado sólido a líquido como fusión, lo consideramos como referente científico; mientras si se indica que la descongelación del hielo es fusión, entonces se hace abordando tanto referentes cotidianos (descongelación), como científicos (fusión); para estos casos usamos la categoría 3, de mezcla de referentes científicos y cotidianos. Y para diferenciar el científico, del

escolar, optamos por considerar únicamente como conocimiento escolar, aquellas afirmaciones que han sido tipificadas como producto de un proceso académico anterior, a modo de frases estereotipadas, por ejemplo “las plantas de día hacen la fotosíntesis y de noche respiran”.

De todas maneras, como lo veremos más adelante en los ejemplos, este análisis se ha de hacer desde el contexto, puesto que el uso de los términos “científicos”, no implica que este sea necesariamente el referente desde el cual se hace. Por ejemplo, nos surgieron dudas respecto a la categorización de intervenciones en las que se referían a la depuradora. En este caso, y en confrontación con otros investigadores, acordamos que esta sería de perspectiva científica, si se abordaba reconociendo un proceso fisicoquímico determinado; mientras que si se hacía referencia a procesos de limpieza del agua, en general, lo consideraríamos desde una perspectiva cotidiana.

En este sentido, recordamos las reflexiones de Toulmin (1972) referentes a la diferenciación de lo científico y de lo no científico. Él plantea que es necesario tener en cuenta el proceso de sustentación: “lo que convierte las creencias de un hombre en prejuicios o supersticiones no es su contenido, sino su modo de sustentarlas”. En particular señala Toulmin, cuando no son combatidas con argumentos sino con imposición: “Podemos legítimamente hablar de ‘prejuicio’ o ‘dogmatismo’ (...) particularmente en el punto en que las nuevas especulaciones científicas comenzaron a ser combatidas, no con argumentos, sino con sanciones políticas, religiosas o legales” (p. 262). De ahí la importancia en nuestro caso, de una lectura continuamente contextualizada.

A continuación presentamos un ejemplo de categorización. Hemos tomado un fragmento de la transcripción de la clase de Pedro; están discutiendo acerca de la limpieza del agua, y han hecho referencia a que sale agua sucia de las casas y de las fábricas; Pedro ha preguntado acerca de qué remedio habría para que el agua sucia de las casas y de las fábricas no ensucie el agua limpia de los ríos. Después de escuchar algunas propuestas, Pedro dice:

P: *Shitt. Alguien dijo antes, que había manera de limpiar el agua; cómo se limpiaba el agua.*

A: *Sí.*

P: *Cómo se limpiaba el agua.*

A: *(Daniel) En la... depuradora::*

P: *En la depuradora. Entonces pues, una de las cosas es, pues, poner una depuradora:: en esas fábricas y en esas ciudades.*

Miremos estas cinco intervenciones, y solamente las tres categorías consideradas en la tabla anterior; si enumeramos las intervenciones, el análisis de la primera sería:

- Tipo de contenido: conceptual-actitudinal, se están abordando contenidos referidos a la limpieza del agua. El contenido es: manera de limpiar el agua.
- Fuente: el maestro Pedro, registramos la letra P, pero Pedro está introduciendo un cuestionamiento, está pidiendo que alguien repita una información anterior, por lo que registramos un P2.
- Referentes: cotidiano, no se hace referencia a algún proceso que no sea propio de una conversación cotidiana, no se indica ningún proceso científico, se habla de limpieza tal como se introduce en un proceso cotidiano; registramos en la Tabla el código 1.

Fijémonos en la intervención del niño:

- Tipo de contenido: conceptual: la depuradora.
- Fuente: el alumno, que identificamos con la letra A, quien ha respondido a una pregunta que ha hecho el maestro al grupo en general: A3.
- Referente: aquí podríamos pensar que era cotidiano o científico; pero de acuerdo con el contexto, veíamos que era cotidiano. Hubiera sido científico si se abordaran los contenidos de transformación que ocurren en el proceso de depuración; en el contexto se menciona limpiar el agua, por eso es cotidiano.

Para el caso de la siguiente intervención del maestro:

- Tipo de contenido: conceptual y actitudinal. Encontramos dos contenidos: la depuradora en la ciudad y en la fábrica. Es decir, la intervención se podría dividir en dos, la primera, cuando Pedro repite el término depuradora, y la segunda, al señalar la ubicación, sin embargo, consideramos que dado que es similar el tratamiento del contenido, no se justificaba su división. Solo lo diferenciamos si se presenta algún tratamiento que al no dividirse se preste para confusión; por ejemplo, si uno de los dos contenidos presentara relaciones, hubiera sido necesario diferenciarlo.
- Fuente: el maestro, aporta información P1.
- Referente: desde el contexto es cotidiano, aunque fijémonos, si no tuviésemos el contexto podríamos pensar que es científico, si el maestro hubiese intervenido, explicando los procesos que tienen lugar en una depuradora. De acuerdo con el contexto, el agua se limpia mediante la depuradora, de modo que es un referente cotidiano.

Como lo hemos reiterado, la confrontación con otros investigadores es fundamental, y este proceso fue discutido con investigadores del grupo DIE (Didáctica e Investigación Escolar, grupo de Investigación en el proyecto

IRES), con quienes estuvimos confrontando permanentemente las interpretaciones y categorizaciones. Estos encuentros nos han dado mayor seguridad investigativa en el tratamiento de la información. Este es un proceso que aparece un tanto dispendioso, pero que consideramos sistematiza y categoriza, con la ventaja de que se realiza en el contexto; y aunque no por ello deja de ser interpretativo, es una interpretación que ha llegado a ser compartida con otros investigadores.

Una cuarta parte de la investigación –los datos provenientes del nivel de acción, y siguiendo el procedimiento para el nivel declarativo– fue revisada por una investigadora, quien confrontó las categorizaciones realizadas.

## El análisis de los datos

---

Los datos son analizados por problema y categoría, en confrontación con nuestro sistema de categorías y con la identificación de los posibles ejes Dinamizadores o movilizadores, Obstáculo, y Cuestionamiento, ejes DOC.

Buscábamos asumir una perspectiva compleja, y por ello éramos conscientes de la necesidad de la interrelación; de ahí que intentamos enriquecer el análisis realizando un cruce entre algunas categorías de interés, al interior de cada caso, así como comparando los dos casos. Como señala Morin (1995), conocer las fibras no es suficiente para hablar del tejido, sino que es necesaria esa interrelación entre el todo y la parte.

Al respecto, la observación fue una fuente bastante enriquecedora, que nos permitió preguntas más específicas a las enunciadas inicialmente, y que consideramos en el análisis de los resultados; así por ejemplo, nos preguntamos si:

¿El hecho de que aparezca el alumno como fuente de información, quiere decir que el maestro lo ha considerado como fuente de contenidos?; ¿los contenidos propuestos por los estudiantes, de qué manera son tenidos en cuenta por el maestro?; ¿éstos generan nuevos contenidos, nuevas preguntas?, ¿los alumnos solamente aportan información cuando el maestro lo solicita?, etc.

Cuestionamientos similares fueron surgiendo en ese contacto con la información, enriqueciendo el análisis y comprensión del problema; de tal manera, que el haber considerado esta fuente de información es un aspecto a destacar.

Este análisis de la acción fue un proceso que podríamos denominar *la ciencia “caliente” en el aula*, tomando prestada la propuesta de Candela (1999), quien citando a Edwards (1993) dice:

*la presencia del material experimental, la personalización de las acciones de “percepción” y el intento de articulación de los resultados científico y las explicaciones con lo que los niños “ven”, “sienten” y “saben”, es lo que acerca a los alumnos al proceso en caliente de construcción de la ciencia, donde las versiones se abren a debate y a argumentación, en vez de lo que ocurre cuando una fría lectura de hechos “naturales” es lo que se establece como la verdad (p. 96).*

Este nivel de acción nos permite la elaboración de datos en “caliente”, para adentrarnos en el proceso de diseño de los contenidos escolares.

Nuestro propósito de abordar desde esta perspectiva compleja la problemática que nos propusimos, es que permite conocer la complejidad de lo estudiado, y que incluso puede representar conflictos o discrepancias de los puntos de vista de los participantes, así como lo señalan Cohen y Marnion (1989), quienes resaltan algunas de las ventajas de la realización del estudio de caso:

*Los estudios de casos reconocen la complejidad y el “enclavamiento” de las verdades sociales. Por su atención cuidadosa a las situaciones sociales, los estudios de casos pueden representar algunas de las discrepancias o conflictos entre los puntos de vista sostenidos por los participantes. Los mejores estudios de casos son capaces de ofrecer apoyo a interpretaciones alternativas (p. 194).*

Es de anotar que, antes del trabajo con los maestros, realizamos un estudio de caso piloto, del cual hemos tomado elementos para el enriquecimiento de la investigación, tanto en el diseño de instrumentos, como en el tratamiento y análisis de la información. A partir de éste, elaboramos unas categorías de análisis que denominamos ejes DOC (Martínez, 1999a y 1999b), a las cuales ya nos hemos referido, dado que no es de nuestro interés realizar una calificación de acuerdo con los modelos, sino aportar elementos para futuras propuestas de formación de maestros; y retomando la propuesta de IRES, buscamos identificar con estas categorías los obstáculos que pueden explicar sus concepciones, y que es necesario conocer para poder trabajar (Porlán, Rivero y Martín, 1998).

Propusimos estos ejes DOC quizás de una manera atrevida, frente a la búsqueda de alternativas a las visiones absolutas, pues intentamos mirar “lo otro” y nos dijimos, si hay obstáculos, hay movilizadores, hay dinami-

zadores, ya que si consideramos que una mirada sobre la cultura, que solo reconoce la violencia y que no es capaz de reconocer la paz, es una mirada que es necesario complejizar, de la misma manera en que las miradas sobre lo educativo y sus concepciones solo reconocen el obstáculo.

Esta tendencia de complejizar, la podemos encontrar en la mirada epistemológica que realiza Toulmin (1972) cuando reconoce la existencia de lo que llama variantes exitosas, abortivas y bisoñas, en debate. También la encontramos en la literatura sobre la enseñanza de las ciencias, como en el caso de Astolfi (1999), que nos invita a reconocer una cierta complementariedad en dos autores clásicos: Bachelard, quien con la mirada sobre los obstáculos ofrece un modelo “regresivo” y “pesimista”; y Piaget, cuyo modelo lo define como “prospectivo” y “optimista”, pues se interesa por el futuro de la razón. Y con IRES, nos parece que esta preocupación surge cuando Porlán y Martín (1998), se refieren a la posibilidad de considerar unas ideas-fuerza, en el estudio de las concepciones.

En nuestra observación encontramos posturas, en las que se ofrecen contradicciones o se manifiestan incoherencias; algunas explícitas otras implícitas, que quizás puedan explicarse por ciertos obstáculos. Consideramos necesario abordarlas independientemente, puesto que pueden constituirse en ejes para las propuestas de desarrollo docente, a modo de “puntos clave” para la intervención. La contradicción nos indica que la persona ya ha iniciado un proceso de revisión, conscientemente o no, de algunos obstáculos. Es decir, desde nuestra mirada, desde la Didáctica de las Ciencias, es necesario considerar aquellos aspectos que ofrecen en un momento dado mayores posibilidades de cambio. Candela (1999) se refiere a la importancia de las situaciones de conflicto, a su riqueza en el proceso de construcción, aunque ella lo retoma en el proceso de construcción conjunta en la interacción discursiva. Consideramos que este mismo argumento puede emplearse para el proceso de construcción en general, y por ende, para procesos didácticos. Por eso, esta posibilidad que vemos como un camino enriquecedor, la venimos abordando como categorías de análisis en nuestro caso.

Cuando nos referimos a Ejes Obstáculos, reconocemos que hay cierto conocimiento que impide visiones alternativas y favorece las convencionales. A Ejes Movilizadores o Dinamizadores, como aquellos conocimientos que se aproximan a visiones alternativas, que tal parece, impulsan y catalizan un proceso de cambio. Y a Ejes Cuestionamiento, como aquellos que represen-

tan contradicciones o cuestionamientos conscientes o no, pero que igualmente consideramos pueden catalizar un proceso de cambio, si se hacen explícitos y se toman en cuenta en propuestas de formación (Martínez, 2000).

Teniendo en cuenta los trabajos realizados, estas categorías de análisis –ejes Dinamizadores, Obstáculo y Cuestionamiento, es decir, los Ejes DOC– propuestas en Martínez (2000), las avizoramos como de potencialidad en la comprensión del conocimiento profesional de los profesores, y en general, para la investigación de los procesos de enseñanza y aprendizaje. Estos ejes son adoptados por Ballenilla (2003), así:

**Eje obstáculo:** *concepciones bien asentadas que son las que están determinando la acción del sujeto. Su fuerza radica en que están bien adaptadas al contexto y que sirven para afrontar con éxito la mayor parte de las perturbaciones. Su desventaja es que estabilizan la acción del sujeto impidiéndole entrar en un proceso de desarrollo profesional.* **Eje cuestionamiento:** *concepciones alternativas a las anteriores, que señalan sus problemas y que sugieren que otra manera de actuar es posible, pero que el sujeto no las utiliza como principios de acción por no considerarlas funcionales o por intuir que pueden resultar conflictivas en el contexto de uso.* **Eje dinamizador:** *concepciones que pueden tomar el relevo a las del eje obstáculo y convertirse en principios de acción alternativos que saquen al sujeto de prácticas inerciales y complacientes con el contexto en que se realizan, desencadenando un proceso de desarrollo profesional.*

Concluimos este apartado, recordando que la interpretación y el análisis de los datos fueron realizados con base en las categorías presentadas en las Tablas 1 y 2, así como en las categorías de análisis propuestas que denominamos DOC. Con ello reiteramos nuestro interés por establecer cuáles eran los obstáculos, ejes dinamizadores y cuestionamientos comunes y diferentes en las concepciones sobre contenidos escolares y sobre conocimiento científico, y no el de realizar una calificación de acuerdo con los modelos. Consideramos que la perspectiva de los DOC, nos ayudará a detectar dónde estaban y de qué tipo eran las ideas que podían obstaculizar y/o facilitar el desarrollo profesional de los profesores. La figura 1 representa una síntesis del proceso descrito.

**Agradecimientos:** a la Universidad del Tolima y a Colciencias por el apoyo en la realización de las investigaciones referenciadas.

## Referencias bibliográficas

---

- Baena, M. (2000). Pensamiento y acción en la enseñanza de las ciencias. En: *Enseñanza de las Ciencias*, 18 (2), 217-226.
- Ballenilla (2003). *El "practicum" en la Formación Inicial del Profesorado de Ciencias de Enseñanza Secundaria. Estudio de caso* [Tesis doctoral]. Universidad de Sevilla.
- Bardín, L. (1996). *El análisis de contenido*. Madrid: Akal.
- Candela, A. (1999). *Ciencia en el aula. Los alumnos entre la argumentación y el consenso*. Barcelona: Paidós.
- Cañal, P. (1988). Un marco curricular en el modelo sistémico investigativo. En: R. Porlán, J. E. García y P. Cañal (Comps.). *Constructivismo y enseñanza de las ciencias*. Sevilla: Díada.
- Carr, W. y Kemmis, S. (1988). *Teoría crítica de la enseñanza. La Investigación-acción en la formación del profesorado*. Barcelona: Martínez Roca.
- Claret Zambrano, A. (2000). *Relación entre el conocimiento del estudiante y el conocimiento del maestro*. Cali: Unidad de artes gráficas. Universidad del Valle.
- Cohen, L. y Manion, L. (1989). *Métodos de investigación educativa*. Madrid: Editorial la muralla.
- Coll, C. (1992). Los contenidos en la Educación Escolar. En: C. Coll et al. *Los contenidos en la Reforma. Enseñanza y aprendizaje de conceptos, procedimientos y actitudes*. Madrid: Santillana.
- Cubero, R. (1996). *Concepciones de los alumnos y cambio conceptual. Un estudio longitudinal sobre el conocimiento del proceso digestivo en educación primaria* [Tesis inédita]. Universidad de Sevilla.
- Edwards, D. (1993). Concepts, memory, and the organization of pedagogic discourse: A case study. En: *International Journal of Educational Research*, 19 (3), 205-225.
- Erickson, F. (1989). Métodos cualitativos de investigación sobre la enseñanza. En: M. C. Wittrock. *La investigación de la enseñanza II* (pp. 195-301). Barcelona: Paidós-M.E.C.
- Fernández, J.; Elortegui, N.; Rodríguez, J. y Moreno, T. (1999). *¿Cómo hacer unidades didácticas innovadoras?* Sevilla: Díada Editora, Serie Práctica.
- García Díaz, J. E. (1995a). *Proyecto docente*. Universidad de Sevilla.

- \_\_\_\_\_ (1995b). *Epistemología de la complejidad y enseñanza de la Ecología. El concepto de ecosistema en la Educación Secundaria* [Tesis doctoral]. Universidad de Sevilla.
- \_\_\_\_\_ (1998). *Hacia una teoría alternativa sobre los contenidos escolares*. Sevilla: Díada.
- García Pérez, F. (1995). Geografía y medio urbano: lo urbano como conocimiento escolar. En: A. Luis, X. M. Souto, F. F. García, R. Hernández y P. Sáez. *Aspectos didácticos de Geografía e Historia*, 9 (pp. 93-144). Zaragoza: ICE de la Universidad de Zaragoza.
- \_\_\_\_\_ (1999). *El medio urbano en la educación secundaria obligatoria. Las ideas de los alumnos y sus implicaciones curriculares* [Tesis doctoral]. Universidad de Sevilla.
- Gil, D. (1993). Aportaciones de la investigaciones en didáctica de las ciencias a la formación y actividad del profesorado. En: *Curriculum* (6-7), 45-66.
- Gil, D.; Carrascosa, J. y Martínez, F. (2000). Una disciplina emergente y un campo específico de investigación. En: J. Perales y P. Cañal. *Didáctica de las Ciencias Experimentales*. Alcoy: Marfil.
- Grupo Investigación en la Escuela (1991). *Proyecto curricular "Investigación y Renovación Escolar" IRES*. Vol. I. *El Modelo Didáctico de Investigación en la Escuela*. Vol. II. *El Marco curricular*. Vol. III. *El currículo para la formación permanente del profesorado*. Vol. IV. *Investigando Nuestro Mundo*. Sevilla: Díada Editora.
- Kember, D. (1997). A reconceptualization of the research in to university academics' conceptions of teaching. En: *Learning and instruction*, 7 (3), 355-275.
- Kouladis, V. y Ogborn, J. (1995). Science teacher's philosophical assumptions: How well do we understand then? En: *Journal Science Education*, 17 (3), 273-283.
- López, I. (1995). *El conocimiento profesional de los profesores acerca de las concepciones de los alumnos. Dos estudios de caso en la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias* [Tesis doctoral]. Universidad de Sevilla.
- \_\_\_\_\_ (2000). Abriendo puertas. Los estudios de casos desde un enfoque innovador y formativo. En: *Investigación en la Escuela* (41), 102-111.
- Martínez, C. (1999a). Concepciones científicas de profesores de primaria y elaboración de contenidos escolares: análisis de un caso. En: *II Congreso Iberoamericano*. México.
- \_\_\_\_\_ (1999b). La comunicación social de las ciencias: más allá de los productos. En: *I Congreso Internacional sobre Comunicación Social de la Ciencia*. Granada.

\_\_\_\_\_ (2000). *Las propuestas curriculares sobre el conocimiento escolar en el área de conocimiento del medio: dos estudios de caso en profesores de primaria* [Tesis Doctoral]. Programa Didáctica de las Ciencias Experimentales y Sociales, un enfoque interdisciplinar. Universidad de Sevilla.

\_\_\_\_\_ (2005a). De los contenidos al conocimiento escolar en las clases de ciencias. En: *Educación y Pedagogía*, v.XVII (43), 149-162.

\_\_\_\_\_ (2005b). *Las propuestas de conocimiento escolar en los inicios del aprendizaje de la química: un estudio de caso en las clases de ciencias en sexto grado de educación primaria*. Tolima: Centro de Investigaciones, Universidad del Tolima.

\_\_\_\_\_ (2006). Las propuestas de conocimiento escolar en los inicios del aprendizaje de la química: un estudio de caso en las clases de ciencias. En: *Revista Tumbaga* (1), 129-144.

Martínez y Chaparro (2004). La Didáctica de las Ciencias en la Universidad: un análisis a partir de las concepciones epistemológicas de los profesores. En: *Itinerantes Cultura Educación y Formación* (2), 119-126.

Martínez y Rivero (2001a). Las propuestas curriculares de los profesores sobre el conocimiento escolar: dos estudios de caso en el área de conocimientos del medio. En: *Revista Enseñanza de las Ciencias*. Número extra.

\_\_\_\_\_ (2001b). El conocimiento profesional sobre el conocimiento escolar en la clase de conocimiento del Medio. En: *Revista Investigación en la Escuela* (45), 65-75. Sevilla.

\_\_\_\_\_ (2005). Algunos aspectos a considerar en una propuesta de conocimiento escolar desde una perspectiva compleja. Reflexiones en torno a un estudio de caso en las clases de ciencias. En: *Revista Enseñanza de las Ciencias*. Número extra.

Morin, E. (1995). *Introducción al pensamiento complejo*. Barcelona: Gedisa.

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

Piaget, J. (1984). *La representación del mundo en el niño*. Madrid: Morata.

Porlán, R. (1988). Del pensamiento a la investigación. En: *Cuadernos de Pedagogía* (161), 22-24.

\_\_\_\_\_ (1989). *Teoría del conocimiento, teoría de la enseñanza y desarrollo profesional. Las concepciones epistemológicas de los profesores* [Tesis doctoral]. Universidad de Sevilla.

- \_\_\_\_\_ (1995). Las creencias pedagógicas y científicas de los profesores. En: *Enseñanza de Ciencias de la Tierra*, 3 (1), 7-13.
- \_\_\_\_\_ (1996). *Proyecto Docente* [Documento inédito]. Universidad de Sevilla. Departamento de Didáctica de las Ciencias.
- \_\_\_\_\_ (1998). Pasado, presente y futuro de la didáctica de las ciencias. En: *Enseñanza de las Ciencias*, 16 (1), 175-185.
- Porlán, R. y Martín, R. (1996). Ciencia, profesores y enseñanza: unas relaciones complejas. En: *Alambique Didáctica de las Ciencias Experimentales* (8), 23-32.
- Porlán, R. y Rivero, A. (1998). *El conocimiento de los profesores*. Sevilla: Díada.
- Porlán, R.; Rivero, A. y Martín, R. (1997). Conocimiento profesional y epistemología de los profesores I: teoría, métodos e instrumentos. En: *Enseñanza de las Ciencias*, 15 (2), 155-173.
- \_\_\_\_\_ (1998). Conocimiento profesional y epistemología de los profesores II: estudios empíricos y conclusiones. En: *Enseñanza de las Ciencias*, 16 (2), 271-289.
- Reyes, Salcedo, L. A. y Perafán, G. (2001). *Acciones y creencias. Análisis e interpretación de creencias de docentes en biología y ciencias naturales*. Tomo IV. Bogotá: Universidad Pedagógica Nacional.
- Ribeiro, E. y Mortimer, E. (2005). Uma metodologia para análise da dinâmica entre zonas de um perfil conceitual no discurso da sala de aula. En: F. Teixeira dos Santos e I. Greca (Orgs.). *A pesquisa em ensino de ciências no Brasil e suas Metodologias*. Ijuí: editora UNIJUI.
- Rivero, A. (1996). *La formación permanente del profesorado de ciencias de la educación Secundaria Obligatoria: un estudio de caso* [Tesis Doctoral]. Universidad de Sevilla.
- Toulmin, S. (1972). *Human Understanding. Vol. I: The collective use and evolution of concepts*. Princeton University Press. (Trad.: La comprensión humana. Vol. I: El uso colectivo y la evolución de los conceptos. Madrid: Alianza Editorial, 1977).
- Woods, P. (2000). *Investigar el arte de la enseñanza*. El uso de la etnografía en la educación. Barcelona: Paidós.



Rogério José Locattélli

---

243

Licenciado en Pedagogía, Licenciado en Física por la Universidad de São Paulo. Tiene Maestría en Ciencias de la Educación de la misma Universidad. Imparte su trabajo académico en la Escuela Técnica Venchiarutti Vasco Antonio y actualmente enseña en el Salón de la Ciudad de Jundiá en el Centro Municipal de Jóvenes y Adultos-CMEJA.

Anna Maria Pessoa de Carvalho

---

Profesora de la Facultad de Educación de la Universidad de São Paulo, se graduó en física. Es doctora en Enseñanza de la Física de la misma Universidad. Coordinadora de Enseñanza e Investigación de Laboratorio de Física-LAPEF, cuando las investigaciones se llevan a niveles de maestría y doctorado en Física de Educación y Enseñanza de las Ciencias de la escuela. Han sido entrenados bajo dirección 35 maestros y 19 doctores. Es autora de numerosos libros, capítulos de libros y artículos sobre la enseñanza, el aprendizaje y la formación de los profesores de ciencias. Es representante de Brasil en el "Consejo Interamericano de Educación Física", presidente de la "Investigación en Enseñanza de la Física" de la Sociedad Brasileña de Física, miembro de la Academia de Educación e investigadora senior del CNPq-Consejo Nacional de Investigación.

## Antonia Candela

---

*acandela@cinvestav.mx*

Es Licenciada en Física de la Facultad de Ciencias de la Universidad Autónoma de México, UNAM. Fue Pasante de Doctorado en Física Molecular de la Facultad de Ciencias de la misma Universidad. Es Maestra en Ciencias con Especialidad en Investigación Educativa del Departamento de Investigaciones Educativas del CINVESTAV- IPN. Doctora en Ciencias con Especialidad en Investigación Educativa del Departamento de Investigaciones Educativas del CINVESTAV- IPN. Desde 1995 se encuentra adscrita al Sistema Nacional de Investigadores de México. Actualmente es Investigadora de tiempo completo del CINVESTAV 3C. También pertenece al Departamento de Investigaciones Educativas y al Centro de Investigación y Estudios Avanzados del IPN. Entre sus Líneas de Investigación se encuentran: Análisis del discurso y retórica de la ciencia en el aula. Etnografías de la formación científica universitaria. Etnografía y estudios socio-culturales de la interacción en el aula. Retórica de la ciencia. Construcción del conocimiento en las clases de ciencias. Didáctica de la ciencia y formación de los maestros de ciencias. Diseño curricular para la enseñanza de las ciencias.

244

## Adela Molina Andrade

---

*mara.gracia@gmail.com*

Doctora en Educación de la Universidad de São Paulo. Magister en Educación con Énfasis en Evaluación de la Pontificia Universidad Javeriana. Sus líneas de investigación son: Conocimiento profesional de los profesores de ciencias y conocimiento escolar. Educación y sociedad. Enseñanza de las ciencias y contexto cultural. La Educación en Ciencias en Colombia: Aspectos históricos, epistemológicos y culturales. Pensamiento científico infantil. Actualmente es la Directora del Doctorado Interinstitucional en Educación e investigadora de tiempo completo en la Universidad Distrital Francisco José de Caldas.

## Charbel Niño El-Hani

---

Becario de Investigación, es Profesor Asociado en el Instituto de Biología de la UFBA, donde coordina el Grupo de Investigación en Historia, Filosofía y Ciencias de la Educación. Licenciado en Ciencias Biológicas, UFBA (1992), Maestría en Educación UFBA (1995) y Doctorado en Educación de la USP (2000). Post-doctoral en el Centro de Filosofía de la Naturaleza y Estudios de

la Ciencia, Universidad de Copenhague, Dinamarca, de 2003 a 2004. En 2005 fue profesor visitante en el Centro de Estudios Avanzados en Tecnologías de la Información y la Comunicación y Sociedad (ICTeS), en la Universidad de Salzburgo, y en 2008 del Departamento de Ingeniería de Sistemas y Productos de Diseño, Universidad del Egeo. Coordina el evento para la popularización de la ciencia Café Salvador (<http://cafecientificossa.blogspot.com>). Es Vicepresidente de la Organización Internacional de Ciencia y Tecnología de la Educación (Iost) para el período 2010-2012.

### Claudia Sepúlveda

---

Doctora en Educación, Filosofía e Historia de la Ciencia en el Interinstitucional de la Universidad Federal de Bahía (UFBA) y la Universidade Estadual de Feira de Santana (UEFS). Es miembro del Grupo de Investigación en Educación, Historia y Filosofía de las Ciencias (Instituto de Biología-UFBA). Lleva a cabo investigaciones sobre la relación entre la educación la ciencia y la educación religiosa en las protestas estudiantiles. Participó como colaboradora de investigación en el Proyecto de Gestión Etnoambiental Pankararé desarrollado por el Laboratorio de Etnobiología de la UEFS; coordina las actividades relacionadas con la educación ambiental, investigación y orientación sobre los procesos de transmisión de los conocimientos tradicionales. En la actualidad, se ha dedicado a la investigación sobre la enseñanza de la evolución, mediante el análisis de las interacciones discursivas que se producen en la enseñanza de la evolución y el aprendizaje en aulas multiculturales en la escuela secundaria; estudia el desarrollo histórico-social del concepto de adaptación evolutiva y el desarrollo y la aplicación de la adaptación del modelo de perfil conceptual, construido durante su investigación de doctorado como una herramienta para la planificación y las pruebas de secuencia para la enseñanza de la escuela secundaria.

---

245

### Ana Lía de Longhi

---

*delonghi@mate.uncor.edu*

La profesora Ana Lía es docente en Ciencias Biológicas. Licenciada en Ciencias de la Educación de la Universidad Nacional de Córdoba, UNC, Argentina. Tiene un Doctorado en Ciencias de la Educación de la Universidad Católica de Córdoba, UCCOR, Argentina y de la Universidad Nacio-

nal de Córdoba. Actualmente es miembro de la Asociación de Docentes en Ciencias Biológicas de La Argentina-ADBIA. También es consultora del Banco Interamericano de Desarrollo-BID y del Ministerio de Educación y Cultura de La Nación-MECN. Actualmente es docente de posgrado de varias Universidades en Iberoamérica.

Gonzalo Bermúdez

---

*gbermudez@efn.uncor.edu*

Cursó sus estudios universitarios en Ciencias Biológicas y Profesorado en Ciencias Biológicas en la Universidad Nacional de Córdoba (UNC). Allí realizó su doctorado en Ciencias Biológicas, con la tesis titulada “Respuesta de *Usnea amblyoclada* (Müll. Arg.) y *Triticum aestivum* L. a la contaminación por metales pesados en Córdoba, Argentina. Relación con la composición elemental de suelos superficiales y material particulado atmosférico”. Adscrito a la cátedra de Didáctica General de la UNC, desde donde ha realizado investigaciones relacionadas con la Didáctica de las Ciencias, sobretodo en temas ecológicos. Ha publicado capítulos de libros y artículos en revistas nacionales e internacionales sobre contaminación ambiental, hipótesis de progresión de conceptos estructurantes de Ecología, innovaciones didácticas, y sobre creencias y concepciones alternativas de la diversidad biológica y las perturbaciones ecológicas.

Rosária da Silva Justi

---

Es Licenciada en Química de la Universidad Federal de Minas Gerais. Es Magister en Educación de la Facultad de Educación de la Universidad de Campinas. Doctora en Ciencias de la Educación de la Universidad de Reading, Inglaterra. Actualmente es profesora en la Licenciatura en Química y Programa de Posgrado en Educación de la Universidad Federal de Minas Gerais, investigadora del CNPq, editora de la Revista Internacional de Ciencias de la Educación, y coordinadora de la Línea de Investigación y Educación de Posgrado Programa de Ciencias de la Educación de la UFMG. Sus líneas de investigación se enfocan en: enseñanza de la química, la enseñanza basada en modelos, modelos de enseñanza (especialmente las analogías), las relaciones entre historia y filosofía de la ciencia y la enseñanza de las ciencias.

## Pollyanna Flávia Maia

---

Tiene un Doctorado en Educación de la Universidad Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, Brasil. Después de trabajar como profesora de química en el nivel secundario desde hace algunos años, actualmente enseña en el área de Educación en Química de la Universidad Federal de Viçosa, Campus Bosque. Sus intereses de investigación incluyen el modelado en la enseñanza de la ciencia, el desarrollo de habilidades en la enseñanza de la ciencia y la formación del profesorado en química.

## Ariadna Queiroz dos Santos

---

Es magister en educación de la Universidad Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, Brasil, y tiene una amplia experiencia como profesora de química en la escuela secundaria. Sus áreas de interés incluyen el modelado y la visualización en la enseñanza de la ciencia.

## Paula Cristina Cardoso Mendonça

---

247

Tiene maestría y doctorado en Educación de la Universidad Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, Brasil. Después de trabajar como profesora de química en el nivel secundario desde hace algunos años, actualmente enseña en el área de Educación en Química de la Universidad Federal de Ouro Preto. Sus áreas de interés incluyen el modelado de la enseñanza de la ciencia, la argumentación en la enseñanza de la ciencia y la formación del profesorado en química.

## Carlos Javier Mosquera Suárez

---

*[cjmosquera@udistrital.edu.co](mailto:cjmosquera@udistrital.edu.co)*

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. Magister en Didáctica de las Ciencias Experimentales y Sociales de la Universitat de Valencia. 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 hacia las reconstrucciones didácticas de las teorías químicas, La Educación en Ciencias en Colombia: Aspectos históricos, epistemológicos, Pensamiento científico infantil.

Carmen Alicia Martínez Rivera

---

*camartinezr@udistrital.edu.co*

Es Doctora en Didáctica de las Ciencias Experimentales y Sociales de la Universidad de Sevilla. Magister en Docencia de la Química de la Universidad Pedagógica Nacional. Actualmente es docente de tiempo completo del Doctorado Interinstitucional en Educación de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Entre sus líneas de investigación se encuentran: Modelos alternativos en la Enseñanza de las Ciencias. El Conocimiento Profesional de los Profesores de ciencias. El Conocimiento Escolar. Formación de profesores de ciencias e hipótesis curriculares.

Ana Rivero García

---

Profesora Titular de Universidad de Sevilla. Licenciada en Biología y Doctora en Filosofía y Ciencias de la Educación. Investigadora del grupo de investigación Didáctica e Investigación Escolar. Amplia experiencia docente en formación inicial y doctoral de profesores de ciencias e investigadora en Didáctica de las Ciencia, en el marco del proyecto IRES (Investigación y Renovación Escolar). Publicaciones científicas en torno al conocimiento profesional y conocimiento escolar entre los que cabe mencionar a modo de ejemplo los siguientes títulos: *El conocimiento de los profesores*, *La relación teoría-práctica en la formación permanente del profesorado*, *El conocimiento del profesorado sobre la ciencia, su enseñanza y aprendizaje*, *Áreas de Investigación Profesional: una propuesta para organizar el contenido de la formación del profesorado*, *los obstáculos à la Formación Profesional des professeurs rapport avec leurs en idées sur la ciencia, de l'enseignement et de l'apprentissage*.

Algunas aproximaciones a la investigación en educación en enseñanza de las ciencias naturales en América Latina / Carmen Alicia Martínez. ... [et al.]. -- Bogotá: Universidad Distrital Francisco José de Caldas, 2012.

283 p.; cm.

ISBN 978-958-8782-06-5

1. Ciencias naturales - Enseñanza - América Latina 2. Ciencias naturales - Investigación - América Latina I. Martínez Caraballo, Carmen Alicia.

507 cd 21 ed.

A1358004

CEP-Banco de la República-Biblioteca Luis Ángel Arango



En este libro se presentan ocho trabajos de reflexión, reporte de resultados de investigación y contribuciones metodológicas de investigadores de México, Brasil, Argentina y Colombia. El libro trata tres grandes problemáticas: la educación infantil, la enseñanza de conceptos y la formación de profesores.

Los tres primeros capítulos tratan la temática de la educación infantil en el campo de la enseñanza de las ciencias: "Análisis del razonamiento utilizado por los alumnos al resolver los problemas propuestos en las actividades de conocimiento físico", de Rogério José Locatelli y Anna María Pessoa de Carvalho, de la Universidad de São Paulo; "Un estudio etnográfico sobre la enseñanza de ciencias en aulas de la escuela primaria", de autoría de Antonia Candela, del CINVESTAV; y "Contribuciones metodológicas para el estudio de relaciones entre contexto cultural e ideas sobre la naturaleza de niños y niñas", de Adela Molina, profesora de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas en el Doctorado Interinstitucional en Educación, DIE.

Los capítulos cuarto, quinto y sexto tratan, con diferentes enfoques, la enseñanza de conceptos específicos: "Obstáculos epistemológicos y ontológicos en la comprensión del concepto darwinista de adaptación: implicaciones en la enseñanza de evolución", de autoría de Claudia Sepúlveda y Charbel Niño El-Hani, de las Universidades Estadual de Feira de Santana y Federal de Bahía, en el Brasil, respectivamente; "Análisis de la transposición didáctica del concepto de biodiversidad. Orientaciones para su enseñanza", de Gonzalo Bermúdez y Ana Lía de Longhi, de la Universidad Nacional de Córdoba, Argentina; y "Contribuciones de la enseñanza fundamentada en modelación en el desarrollo de la capacidad de visualización", de Rosária Justi, Poliana F. M. Ferreira, Ariadne S. Queiroz y Paula C. C. Mendonça, de la Universidad Federal de Minas Gerais, Brasil.

Finalmente, en los capítulos séptimo y octavo se aborda el problema de la formación de profesores de Ciencias: "Cambio didáctico y la formación del profesorado de ciencias. Perspectivas actuales y futuras del profesor", de autoría de Carlos Javier Mosquera Suárez, profesor de la Universidad Distrital en el Doctorado Interinstitucional en Educación; y "El conocimiento profesional de los profesores se ha constituido en un campo relevante de investigación, tanto a nivel nacional como internacional", de Carmen Alicia Martínez Rivera y Ana Rivero, profesoras de la Universidad Distrital en el Doctorado Interinstitucional de Educación y de la Universidad de Sevilla, respectivamente.

