

# Hacia una pedagogía más social en la educación científica: el papel de la argumentación

Jonathan Osborne\*

## ABSTRACT (Towards a more social pedagogy in science education: the role of argumentation)

This presentation will argue that one of the major problems school science suffers from is a pedagogy which is dominated by the conduit metaphor of teaching. This is the idea that communication is a one way process where teachers conceive of themselves as didactic disseminators of knowledge. When teachers were the sole source of knowledge in a community, such a concept was difficult to challenge. However, in a contemporary context, where young people have access to a growing range of interactive technologies to engage in creative and autonomous self-expression, the predominance of such authoritative modes of interaction are open to question and are, in part, responsible for much of young people's disaffection with school science. Moreover, the range of alternatives begins to expose the inherent functional ineffectiveness. This presentation will argue, rather, that it is dialogic modes of interaction which are an essential element of learning and teaching in the 21st Century. These offer students the opportunity to engage in deliberative interaction about the ideas of science and to construct a deeper and more meaningful understanding of what science offers. Drawing on the work that I and colleagues have conducted in argumentation, I will show how the four essential elements to any science education—the development of conceptual understanding; the improvement of cognitive reasoning; improving students' understanding of the epistemic nature of science; and affording an affective experience which is both positive and engaging—can all be facilitated through a focus on argumentation.

**KEYWORDS:** argumentation, science teaching, social pedagogy, dialogism

## Resumen

Esta presentación argumentará que uno de los problemas más grandes que padece la ciencia en la escuela es el de una pedagogía dominada por la metáfora de la enseñanza como «conductor». Ésta es la idea de que la comunicación es un proceso de una sola vía en el cual los profesores se ven a sí mismos como diseminadores didácticos del conocimiento. Cuando los profesores eran la única fuente de conocimiento en una co-

munidad, tal concepto era difícil de desafiar. Sin embargo, en un contexto contemporáneo, en el que los jóvenes tienen acceso a tecnologías interactivas para involucrarse en la autoexpresión creativa y autónoma, el predominio de tales modos autoritarios de interacción está abierto al cuestionamiento y es, en parte, responsable de mucho del desafecto de los jóvenes por la ciencia escolar. Es más, el rango de alternativas empieza a exponer la ineficacia funcional inherente. Esta presentación argumentará, más bien, que son los modos dialógicos de interacción los que resultan un elemento esencial de la enseñanza y el aprendizaje en el siglo XXI. Ellos proporcionan a los estudiantes la oportunidad de involucrarse en una interacción deliberativa acerca de las ideas de la ciencia y a construir una comprensión más profunda y significativa de lo que la ciencia ofrece. Elaborando sobre el trabajo que mis colegas y yo hemos conducido sobre argumentación, mostraré cómo los cuatro elementos esenciales de cualquier educación científica —el desarrollo de la comprensión conceptual; la mejora del razonamiento cognitivo; el incremento de la comprensión de los estudiantes acerca de la naturaleza epistémica de la ciencia, y la proporción de una experiencia afectiva que es tanto positiva como atractiva— pueden todos ellos ser facilitados a través de enfocarse en la argumentación.

\* King's College London

**E-Mail:** Jonathan.Osborne@kcl.ac.uk

Actualmente como "Californian Chair of Science"

School of Education, Stanford University

485 Lasuen Mall, Stanford, CA 94305, USA

**E-Mail:** osborne@stanford.edu

Traducción del inglés de la *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*, 7(1), 2007, con la autorización de su editora Isabel Gomes Rodrigues Martins, de la Universidad Federal de Río de Janeiro, y del autor Jonathan Osborne, realizada por Elia Arjonilla y Andoni Garritz. La revista puede consultarse en la URL <http://www.fae.ufmg.br/abrapec/revista/index.html>

## Introducción:

### ¿El papel de la enseñanza dialógica en la ciencia escolar es ir más allá de la transmisión?

A través del planeta es posible encontrar el mismo tipo de lección de ciencia en la escuela —una que está esencial y profundamente enraizada en la visión de que la función de la educación es la de transmitir parte del capital cultural que constituye el canon de la ciencia. En sí mismo, no hay nada particularmente incorrecto con ello. La función de la educación es la de asegurar que los jóvenes tengan acceso a lo mejor de lo que vale la pena conocer —en este caso, a las mejores explicaciones que tenemos del mundo material y a alguna comprensión de lo que es comúnmente denominado por ‘cómo funciona la ciencia’ o ‘ideas acerca de la ciencia’. Como una acotación, vale la pena hacer notar que este referente no es lo mismo que naturaleza de la ciencia. Este término particular está restringido a lo que los filósofos tienen que decir acerca de la ciencia, mientras que ‘cómo funciona la ciencia’ es un conjunto más amplio de conceptos acerca de la ciencia que incluye alguna idea de las prácticas sociales de la ciencia y los conceptos de riesgo y su evaluación.

Fue Reddy (1979) quien más elegantemente argumentó que nuestras ideas sobre la educación estaban dominadas por la metáfora del ‘conducto’. Desde su perspectiva, el conocimiento es concebido como un objeto que debe ser transferido de una persona a otra. Como lo señaló, eso está profundamente embebido en nuestro pensamiento ya que hablamos de la necesidad de ‘pasarlo’ —el ‘lo’ utilizado aquí es claramente alguna forma de elemento del conocimiento objetivado y cosificado, y el referirse a ‘pasar’ implica que la comunicación es en un solo sentido— o de que nuestros estudiantes ‘no lo pescaron’. Asociada con tal discurso está también la noción de que la mayoría de los actos de comunicación son exitosos y que la falla es la excepción, mientras que el testimonio procedente de la realización de la mayoría de los actos comunicativos, y de nuestra experiencia diaria, es la opuesta —el fracaso es la norma y el éxito la excepción.

A pesar de la evidencia de que esto es así, como Nystrand *et al.* (1997) han señalado —a lo ancho del globo terrestre los profesores hablan y los estudiantes escuchan. Los comentarios de Nystrand *et al.* se basaron en un estudio exhaustivo de la enseñanza del inglés en 58 grupos de 8° grado de la secundaria a lo largo de dos años. Aun en inglés, una materia que podría esperarse que fuera menos autoritaria y más discursiva, su mayor hallazgo fue que:

el ‘guión recitación’ de preguntas-respuestas permaneció como el dominante y el discurso en clase fue abrumadoramente de tipo monólogo (monológico). Cuando los profesores no estaban dando clase, los estudiantes estaban ya sea contestando preguntas o terminando tareas. El profesor hizo casi todas las preguntas, pocas preguntas eran auténticas, y pocos profesores le dieron seguimiento a las respuestas de los estudiantes. (Nystrand *et al.*, 1977)

En el caso de la ciencia, la tendencia de los profesores por utilizar tal discurso autoritario, que Mortimer y Scott (2003) han denominado ‘interactivo-autoritario’, es aún más pronunciada, puesto que su materia está, sobre todas las demás, dominada por un cuerpo de conocimiento consensualmente acordado acerca del cual no hay controversia. Toda posibilidad de algún elemento de interpretación o provisionalidad en las ideas que la ciencia escolar tiene que ofrecer, ha sido cuidadosamente eliminada por un proceso en el cual el conocimiento científico cambia del Tipo 1 al Tipo 5 (Latour & Woolgar, 1986) (ver la tabla 1).

A través de tal proceso, el conocimiento en la ciencia es transformado de ser un conjunto de afirmaciones debatibles acerca del mundo, a ser un conjunto de ‘hechos’ no debatido ni cuestionado. En este proceso, la primera cosa que sucede es la eliminación de cualquier naturaleza histórica de tal conocimiento. El cómo este conocimiento llegó a ser y la lucha mediante la cual se obtuvo son simplemente olvidados. En un sentido, a diferencia de las humanidades, esto es así porque el proyecto de la ciencia es un cierre. Una vez que la comunidad ha llegado a un acuerdo sobre cualquier idea dada —por ejemplo, la estructura del ADN, el origen de los elementos o la existencia del electrón— simplemente sigue adelante. El acuerdo consensual de la comunidad científica de que ello representa la mejor comprensión disponible que tenemos, otorga a tal conocimiento una autoridad que pocos pueden retar —menos que nadie el estudiante neófito.

El resultado es doble. Primero, la ciencia escolar aparece como monolítica —un cuerpo de conocimientos que no se cuestiona, no se debate y no se equivoca. El resultado es que la ciencia escolar permanece como la última materia socio-intelectual que es autoritaria en el currículum (Ravetz, 2002). Las matemáticas, por ejemplo, tienen más que ver con desarrollar la comprensión de un conjunto limitado de conceptos matemáticos y su aplicación al proceso de indagación en contextos matemáticos. Y mucha de la Historia en la escuela, al menos en el Reino Unido, se ha alejado de tratar el conocimiento histórico como un canon de hechos bien establecidos, a ser un campo que busca mostrar que es un proceso de interpretar y sopesar la evidencia histórica para construir una interpretación de acontecimientos pasados.

No ha ocurrido tal revolución paradigmática en la ciencia escolar. Más bien, lo que hemos observado durante las tres décadas pasadas es la gradual adición de aún más conocimientos al catálogo de ‘hechos’ que constituye la ciencia en la escuela. La química, por ejemplo, se ha transformado ella misma de una materia que trataba acerca de la manipulación de los materiales y el desarrollo de conocimientos sobre pruebas y reacciones estándar, a una que ahora rutinariamente se dedica a las explicaciones basadas en modelos (Habraken *et al.*, 2001). La física escolar ahora ha adicionado, al menos en los cursos más avanzados, tópicos tales como los diagramas de Feynman, relatividad especial y el modelo de quarks de la

<sup>1</sup> “Statements are statements...” en el original.

**Tabla 1.** Categorías de las aseveraciones científicas.

**Tipo 1** Las aseveraciones son especulaciones o conjeturas; generalmente se encuentran al final de un artículo o en discusiones privadas.

**Tipo 2** Las aseveraciones son afirmaciones que llamaron la atención sobre las circunstancias que afectan su estatus; generalmente se encuentran en publicaciones de investigación.

**Tipo 3** Las aseveraciones son aseveraciones (sic!) con atribución o modalidad que vinculaba la afirmación básica con la fuente de la misma; a menudo se encuentran en artículos de revisión.

**Tipo 4** Las aseveraciones son afirmaciones acerca de cosas en el tiempo presente universal; generalmente se encuentran en libros de texto.

**Tipo 5** Las aseveraciones son los datos que se 'dan por hecho' que rara vez son mencionados excepto por los foráneos.

materia. Tampoco es inmune la biología escolar con un énfasis creciente en las explicaciones biomoleculares (particularmente genéticas) con un énfasis en el desarrollo en vez del estudio de la fisiología. El resultado es un currículum en el que los estudiantes son llevados en vilo a través del panorama científico; donde no hay tiempo para tocar el suelo y mirar; y donde el énfasis está puesto en la adquisición de un extenso cuerpo de información. Que esto es así, tal vez los propios alumnos lo expresan de la manera más elegante en un estudio que hicimos hace siete años para observar las visiones de los estudiantes acerca de su experiencia con la ciencia en la escuela (Osborne & Collins, 2001). El currículum, dijeron, está:

todo apretujado, y o lo tomas todo o te entra por un oído y te sale por el otro. Pescas pedazos, entonces se vuelve confuso, entonces juntas los pedazos equivocados y, si no lo entiendes, los profesores no pueden comprender por qué no lo pescaste.

Dominados por copiar, sin tiempo para preguntar:

Sííí, estás anotando cosas de la pantalla; no has tenido tiempo de leerlas cuando ya las estás copiando, sólo hasta que las revisas es que piensas 'no entendí eso y hubiera deseado preguntar'. Pero entonces recuerdas que no tuviste oportunidad de preguntar porque estabas tan ocupado tratando de copiar, que no lo estabas leyendo.

Y donde, ciertamente, no hay oportunidad de discusión de ninguna de las implicaciones:

Pero todavía hoy en la mañana estábamos hablando acerca de ingeniería genética... Ella no quiso conocer nuestras opiniones y yo no considero que el currículum les deje, vamos a discutirlo más. Quiero decir ciencia, de acuerdo, puedes aceptar los hechos, pero ¿está bien, estamos autorizados para hacerle esto a los seres humanos?

Aún más, estos hallazgos no son privativos de la experien-

cia en la ciencia escolar en el Reino Unido. Lyons, basándose en su propio trabajo, un estudio en Suecia y el nuestro, halló que aunque los países pueden ser diferentes, la experiencia de los estudiantes en clase era la misma (Lyons, 2006).

Más problemático es cuando la educación es vista como un proceso de transmisión de información en el que las ideas son de segunda mano, dependientes de la interpretación de las experiencias de otras personas y de la motivación extrínseca para su adquisición. Con tal énfasis, el resultado es que el aprendizaje se vuelve orientado hacia la representación. Tales estudiantes creen que la gente es intrínsecamente lista o tonta —es decir, que los individuos tienen un 'coeficiente intelectual (IQ) fijo' y aquellos que sostienen esta perspectiva tienden a evitar cualquier tarea que represente un reto, ya sea por creer que la tarea los rebasa o porque hay un riesgo de fallar que dañará su creencia acerca de su coeficiente intelectual. En contraste, hay estudiantes que son orientados hacia el aprendizaje o la tarea. Estos estudiantes creen que ellos pueden mejorar por su propio esfuerzo y que pueden aprender de los errores, y están más deseosos de aceptar tareas desafiantes. Los estudiantes en esta segunda categoría sobresalen sobre los otros y lidian mejor con cambios tales como la transición de la escuela a la universidad (Dweck, 2000). Dichos estudiantes están comprometidos en un proceso de creación de conocimiento, aunque por ellos mismos —uno que requiere todas las habilidades del más alto orden de pensamiento; habilidades de razonar, conjeturar, evaluar evidencia, contraargumentar y de motivación intrínseca.

Más importante, como Gilbert (2005) ha argumentado, la metáfora del conocimiento como 'un objeto' ya no es de utilidad en el pensamiento educativo. Persiste porque encaja con el pensamiento cotidiano de los individuos, pero es:

ahora un serio problema conforme pretendemos reorientar nuestro sistema educativo a las necesidades de la sociedad del conocimiento. Mientras continuemos exprimiendo nuestro pensamiento educativo para encajar con esta metáfora, será imposible para nosotros acomodar formas de conocimiento que no pueden ser vistas como objetos; tales como trabajo de conocimiento, creación de conocimiento, sociedad del conocimiento —ideas que son incompatibles con la metáfora del conocimiento como objeto. (Gilbert, 2005)

La ciencia cognitiva contemporánea ve la habilidad más bien de manera diferente. Para ellos, la habilidad es la *capacidad* de pensar y aprender. Esta capacidad es altamente maleable. Es desarrollada al sacar o promover las formas básicas de conocer de una persona —es decir, a través de la educación. El propósito de la educación, pues, no es actuar como un colador —clasificando a la gente de acuerdo con los talentos y capacidades que ya tienen, sino desarrollar y estimular sus habilidades. El fracaso de la ciencia escolar en hacer una contribución a tal propósito debe hacer cuestionable su lugar en la mesa del currículum.

Uno de los resultados de este estado de cosas, yo argumentaría, es la desbandada de los jóvenes de la ciencia (Osborne, Simon & Collins, 2003; Sjøberg & Schreiner, 2005). De hecho, mi opinión es que la falta de interés en la ciencia escolar es un producto de la falta de concordancia entre los valores comunicados por la ciencia escolar, la forma en la cual es enseñada y las aspiraciones, ideales e identidad en desarrollo de los jóvenes adolescentes. Existe ahora un amplio cuerpo de trabajo que indicaría que el sentido de auto-identidad de los estudiantes es un factor mayor en la forma que responden a las materias escolares (Head, 1979; 1985; Schreiner & Sjøberg, 2007). Desde el trabajo de Goffman (1959), la vida social ha sido vista como una actuación con reglas acordadas en la cual cada faceta de las elecciones y comportamientos colectivos de los individuos, tales como el lenguaje, las acciones, los valores y las creencias, son símbolos tácitos o códigos de identidades sociales. Identidad es a la vez una construcción tanto encarnada como actuada (Holland, Lachoitte, Skinner & Cain, 1998), que es a la vez producida en representación de los individuos y moldeada por su lugar específico en la estructura (por ejemplo, ver Archer & Yamashita, 2003). Las identidades son comprendidas, por consiguiente, como discursiva y contextualmente producidas (por ejemplo, producidas a través de relaciones e interacciones con lugares y espacios específicos) —y como profundamente relacionales. O sea, un sentido de sí mismo es construido tanto a través de un sentido de qué/quién no es uno, como a través del sentido de quién/qué sí se es (Said 1978).

En este contexto, un aspecto importante de la vida contemporánea es el siempre creciente intervalo de elección acoplado con el crecimiento de las tecnologías de la comunicación, tales como los teléfonos celulares y el internet con acceso a un más amplio ámbito de fuentes de información (Buckingham, 2000; Sefton-Green, 2007). Tales tecnologías hacen énfasis en la conectividad por sobre la autonomía, los procesos sobre los productos, y los sistemas sobre los detalles; y posibilitan la auto-expresión y la construcción de la identidad. *Myspace* y *Facebook*, las redes sociales, son ejemplos arquetípicos. El conocimiento para los jóvenes de hoy en día se vuelve un objeto a ser adquirido cómo y cuándo se le necesita a través de la interacción social y dialógica más que mediante la recepción pasiva. Por consiguiente, el contexto cultural cambiante hace a las escuelas instituciones cuestionables cuyo valor tiene que ser demostrado y ganado y donde el profesor y los textos ya no son la única fuente de conocimiento, sino una de tantas. Lo que estamos viendo es una lenta transformación cultural en la naturaleza del aprendizaje donde las materias, cuyos valores educacionales están enraizados en los paradigmas de educación del siglo XIX como un proceso de transmisión de conocimiento, están siendo crecientemente cuestionadas; más evidentemente, por la renuencia de los estudiantes a escuchar.

Más bien, lo que reside en el corazón de la sociedad contemporánea —el proceso de generación del conocimiento— coloca un énfasis en las habilidades del más alto orden de

pensamiento: construir argumentos, hacer preguntas de investigación, hacer comparaciones, resolver problemas complejos no algorítmicos, lidiar con controversias, identificar asunciones ocultas, clasificar y establecer relaciones causales (Zohar, 2006). Cualquier experiencia educativa que no ofrezca alguna de estas características cognitivas, como el currículum de ciencia escolar, es tal vez, no sorprendentemente, de interés disminuido para muchos jóvenes contemporáneos.

### **El papel de la enseñanza dialógica**

La interacción dialógica es la interacción normativa en la sociedad. Su forma básica es una interacción entre individuos, quienes a pesar de que pueden diferir en sus conocimientos, habilidades y capacidades, se reconocen y respetan entre sí. En su óptima expresión, tal interacción se caracteriza por su naturaleza colectiva, recíproca, de apoyo, acumulativa e intencional (Alexander, 2005). Más fundamentalmente, es auténtica —todos los participantes pueden ver el propósito inmediato y el valor potencial de tal discusión, lo cual contrasta fuertemente con el guión recitado de preguntas y respuestas que domina el salón de clases típico, un patrón de discurso que permanece como el único dominio de los contextos de la educación formal que es tanto ajeno como alienante.

La indagación dialógica es central para la enseñanza ya que demanda el uso de procesos epistémicos —describir, explicar, predecir, argüir, criticar, explicar y definir (Ohlsson, 1996)— todos los cuales son también torales para la ciencia y son rasgos de la interacción dialógica. La aproximación dialógica a la pedagogía en la ciencia escolar, así pues, busca desarrollar un ambiente en el salón de clases que es colectivo, en el sentido que maestros y alumnos enfrentan la tarea de aprender juntos; recíproco en el sentido que ambos se escuchan mutuamente y consideran puntos de vista alternativos; de apoyo en que los alumnos articulan sus ideas libremente ayudándose entre sí para alcanzar comprensiones comunes; acumulativo en que los profesores y los alumnos construyen sus propias ideas y las ideas de los otros, e intencional en que los profesores planean y facilitan la enseñanza dialógica con objetivos educativos a la vista y bien definidos (Alexander, 2005).

A lo largo de las últimas dos décadas se ha acumulado un cuerpo de literatura que ha empezado a demostrar la eficacia de las aproximaciones basadas en una aproximación más dialógica a la enseñanza para el aprendizaje de la ciencia. Por ejemplo, el trabajo de Alverman y Hynd (Alverman, Qian & Hynd, 1995; Hynd & Alverman, 1986) ha demostrado de manera concluyente que los estudiantes que se interesan en la discusión de textos científicos y exploran porqué la respuesta incorrecta es incorrecta, así como por qué la respuesta correcta es correcta, desarrollan una comprensión conceptual realzada en comparación con aquellos estudiantes que no han tenido tal oportunidad.

De igual forma, Anat Zohar en su trabajo con estudiantes de secundaria relativo al fomento de las habilidades de argumentación en los estudiantes en el contexto del aprendizaje de genética encontró:

que los estudiantes en el grupo experimental calificaron significativamente más alto que los estudiantes en el grupo control en una prueba de conocimiento genético. Una evaluación basada tanto en tareas escritas como en análisis del discurso también reveló varios hallazgos importantes acerca de las habilidades de argumentación. El análisis de tareas escritas mostró un incremento en el número de justificaciones y en la complejidad de los argumentos. Los estudiantes fueron también capaces de transferir habilidades de razonamiento enseñadas en el contexto de dilemas bioéticos al contexto de la vida cotidiana.

Y, en un estudio en aulas de primaria, Mercer *et al.* (2004) han mostrado que los estudiantes que recibieron la oportunidad de involucrarse en una conversación colaborativa acerca de las tareas científicas que estaban realizando, sobrepasaron significativamente al grupo control que no recibió dicha oportunidad.

Hallazgos similares emergen del trabajo de Barron (2003) quien encontró que estudiantes en 12 tríadas de 6° grado significativamente sobresalieron por sobre aquéllos que no se habían involucrado en la discusión; del trabajo de Herrenkohl *et al.* (1999) quienes hallaron que el uso activo de la discusión permitió a los estudiantes desarrollar las 'herramientas intelectuales para hacer preguntas de otros que en última instancia permitieron a los estudiantes negociar un significado compartido de *teoría*'; del trabajo de Howe con pequeños grupos quien ha mostrado cómo las discusiones en pequeños grupos pueden mejorar significativamente el aprendizaje conceptual de la ciencia (Howe, Tolmie, Duchak-Tanner & Rattray, 2000; Howe, Tolmie & Mackenzie, 1995); y de una extensa revisión conducida por Johnson y Johnson (1979). En resumen, existe un cuerpo cada vez mayor de evidencia sobre el gran valor para el aprendizaje de tal pedagogía.

Mucho de este trabajo coloca un énfasis en desarrollar la habilidad de los estudiantes para razonar, para usar estrategias de pensamiento de mayor orden (Zohar, 2004) o conocimiento meta-estratégico en la creencia de que 'aprender a argumentar es aprender a pensar' (Billig, 1996). La evidencia de que el sistema educativo es débil para desarrollar este tipo de capacidad de orden superior, deriva del trabajo de Kuhn (1991) quien exploró la capacidad básica de los individuos para utilizar argumentos razonados. Su trabajo investigó las respuestas de los niños y los adultos a preguntas referentes a asuntos sociales problemáticos. Ella concluyó que muchos niños y adultos (especialmente los menos educados) eran muy limitados para coordinar y construir una relación entre la evidencia (los datos) y la teoría (las afirmaciones), lo que resulta esencial para una argumentación válida. Más recientemente, el trabajo de Hogan y Maglienti (2001) al explorar las diferencias entre la habilidad de razonamiento de científicos, estudiantes y no científicos encontró, de igual modo, que la actuación de los últimos dos grupos fue significativamente inferior.

La investigación de Kuhn es importante porque destaca el hecho de que, para la abrumadora mayoría, el uso de argu-

mentos válidos no se da naturalmente y es adquirido mediante la práctica. La implicación derivada del trabajo de Kuhn y otros es que el argumento es una forma de discurso que necesita ser apropiado por los niños y *explícitamente enseñado* a través de la instrucción adecuada, la estructuración de tareas y la modelación. Conclusiones semejantes fueron alcanzadas por Hogan y Maglienti (2001, p. 683) quienes argumentaron que "los estudiantes necesitan participar a lo largo del tiempo en discusiones explícitas acerca de las normas y criterios que subyacen al trabajo científico". Tal evidencia sugeriría que nuestros sistemas educativos no son efectivos en desarrollar la habilidad general de los estudiantes para razonar. La inferencia obvia es que tales habilidades no son explícitamente enseñadas o enfatizadas. Si así es, ¿cómo puede transformarse este estado de cosas?

Indudablemente, la recomendación general referente a cómo estructurar la discusión y la argumentación exitosa, puede encontrarse en la literatura (por ejemplo, Dillon, 1994) o en otras disciplinas (Andrews, 1995). Sin embargo, sólo un poco ha sido ubicado dentro del contexto específico del aula de ciencia. De hecho, a través de la literatura el asunto de cómo transformar la pedagogía de los profesores es constantemente señalado. Mercer señala una de las principales razones por las que el uso de la enseñanza dialógica es infrecuente, argumentando que los profesores carecen de una concepción de su valor o de cómo estructurar efectivamente mucha de su dudosa calidad ya que a los niños no se les ofrece:

una clara concepción de lo que se espera que hagan, o de lo que constituiría una buena, efectiva discusión. Esto no es sorprendente, ya que muchos niños pueden rara vez encontrar ejemplos de tal discusión en sus vidas fuera de la escuela —y los profesores rara vez hacen explícitas a los niños sus propias expectativas o criterios sobre una discusión efectiva.

Conclusiones similares fueron alcanzadas por Barron (2003, p. 345) quien reconoció:

que puede ser desafiante aun para profesores expertos quienes tienen objetivos claros y profunda comprensión para desarrollar nuevas normas discursivas. Son agudos, dados los muchos aspectos de manejar los requerimientos de colaboración en el espacio dual, es como si los profesores pudieran beneficiarse del desarrollo de casos en video que destaquen cuestiones contrastantes y conecten interacción con productos del aprendizaje y con sus propias prácticas del discurso. (Barron, 2003)

Y de igual forma, para Herrenkohl (1999, p. 487), quien argumentó:

claramente, esta forma de instrucción plantea retos significativos al profesor quien está identificando los hilos de las discusiones en clase, involucrando a los estudiantes en la

evaluación del pensamiento propio y de sus pares, reflejando las ideas que están en juego, y generalmente dándole forma al discurso. (Herrenkohl, 1999)

El reto de transformar la práctica es considerable y conclusiones similares fueron alcanzadas cuando trabajábamos en nuestro proyecto de 'Realce de la calidad de la argumentación en la ciencia escolar' (Osborne, Erduran & Simon, 2004).

### **Transformar la práctica del profesor: El papel de la argumentación**

¿Cómo, entonces, es la tarea de cambiar la forma en que la ciencia es enseñada en la escuela? Mi visión ahora, después de muchos años de trabajar en ese campo, es que los argumentos y la argumentación ofrecen a la comunidad de enseñanza de la ciencia un caballo de Troya que puede realizar el cambio en la cultura de la práctica pedagógica hacia una que sea más dialógica.

¿Por qué Argumento en vez de Indagación empírica? Mi respuesta a esto viene de hacer la pregunta epistémica '¿cómo sabemos que el día y la noche son causados por la rotación de la Tierra?'. Esta casi trivial pieza de conocimiento es tan lugar común que es enseñada a los alumnos de primaria a lo largo del mundo. La casi universal falta de una buena respuesta a la cuestión revela que la base de la creencia es la de la autoridad —la mayoría de nosotros aceptamos la idea porque nos la dijo alguien cuyo conocimiento valorábamos. Sin embargo, '¿por qué' —se puede usted preguntar— 'debería ser creída?' Después de todo, existen buenos argumentos en contra:

- El Sol parece moverse.
- Si la Tierra estuviera rotando, uno no debería de aterrizar en el mismo lugar después de brincar.
- Si está rotando, una vez al día, la velocidad en el Ecuador es superior a 1000 millas por hora, lo que debería despedir rápidamente al espacio a la mayoría de la gente.
- Y, con toda seguridad, a esa velocidad deberían haber vientos enormes conforme la Tierra se adelanta a la atmósfera que deja atrás.

La evidencia empírica para nuestras creencias fue demostrada por primera vez por Foucault en 1851 en el Panteón en París.<sup>2</sup> Otra evidencia viene de las fotografías de larga exposición del cielo nocturno que muestran a todas las estrellas como si rotaran alrededor de la estrella polar (aunque vale la pena hacer notar que la explicación era creída mucho antes de que hubiera ninguna evidencia empírica, lo cual es otra historia en sí misma). Así pues, la explicación científica se sostiene porque (a) es imposible refutar tal evidencia y (b) podemos justificar por qué los argumentos de que se mueve

el Sol son incorrectos. El conocimiento científico seguro depende tanto de la habilidad de refutar y reconocer argumentos científicos pobres como de la habilidad de reproducir la visión científica correcta. El argumento es, pues, una característica medular de la ciencia y, como corolario, debería ser una característica distintiva de cualquier educación científica (Driver, Newton & Osborne, 2000; Newton, Driver & Osborne, 1999). Lo que es más, los profesores de ciencia implícitamente reconocen este argumento —particularmente como he encontrado— cuando están preocupados por la dificultad que tienen en proporcionar la evidencia, cuando se les pidiera, para convencer a sus estudiantes de que la materia está hecha de átomos; de que vivimos en el fondo de un mar de aire; o de que la materia se conserva en una reacción química. Tales ideas son, después de todo, no evidentes por sí mismas. Aun un conocimiento de paso de la historia de la ciencia demostrará que sus logros fueron en muchos casos el producto de muchos años de deliberación intelectual (Matthews, 1994). Más importante, la base epistémica de la ciencia es un compromiso de la evidencia como base de la creencia y no de la autoridad (Matthews, 1994; Siegel, 1989). Confrontados con la evidencia de que su práctica puede carecer de oportunidades para considerar por qué creemos lo que creemos, muchos profesores están suficientemente perturbados o insatisfechos para estar preparados para actividades triviales que exponen el concepto de que las ideas en ciencia son el producto de teorías en competencia.

Sin embargo, tales oportunidades necesitan ser bien estructuradas y claramente definidas ya que son inherentemente desafiantes para cualquier profesor. ¿Por qué? Porque el proyecto retórico del profesor es el de persuadir a sus estudiantes de la validez de la visión científica del mundo. En tal contexto, inclusive los experimentos de los estudiantes son 'auto-demostraciones' que 'llevan el aún más fuerte mensaje implícito de que nuestra comprensión y consecuente control de los materiales y sucesos es tan bueno que yo (el profesor) ni siquiera tengo que hacerlo para ti, sino que lo puedes hacer tú mismo.' (Millar, 1998). El efecto es que un resultado exitoso persuade a los estudiantes del maestro a dar 'más confianza en la cadena de razonamiento que condujo a la predicción del resultado esperado' —en breve, la visión científica del mundo. Esto explica por qué los profesores hacen esfuerzos considerables para 'amañar' o 'prestidigitar' sus experimentos y demostraciones para alcanzar el necesario efecto deseado (Nott & Smith, 1995). Nótese que en tal proceso no se consideran alternativas —los experimentos y demostraciones son cuidadosamente elegidos porque sirven bien a los argumentos del profesor. La retórica del profesor es un tipo de pseudo-diálogo de visiones alternativas; rara vez son permitidos alegatos en contra o desafíos, ni se diga tenidos en consideración. En contraste, involucrarse en un proceso de argumentación para deliberar acerca de teorías científicas, ideas y la evidencia que las soporta, requiere un cambio gestalt. Además, el tiempo es precioso en las escuelas; las oportunidades para el diálogo y la deliberación requieren tiempo y puede parecer que carecen

<sup>2</sup> (N del T) En el Panteón se encuentra un enorme péndulo (de 67 metros de altura con una masa de 28 kg) que va tirando unas clavijas paradas en el suelo, lo que evidencia la rotación de la Tierra.

de propósitos y de resultados claros. Finalmente, probar nuevas prácticas es riesgoso para los profesores —los coloca en una zona donde se mueven de una situación confortable a una de incomodidad, de tener el control a la incertidumbre, y de la competencia a la incompetencia.

Nuestro trabajo sobre la argumentación en la ciencia escolar empezó a abordar este asunto. Primero ha demostrado que es posible desarrollar las habilidades de los estudiantes para razonar en un contexto en el cual el diálogo es estructurado y apoyado. Para llevar a cabo este trabajo, primero desarrollamos un esquema basado en Toulmin para analizar la calidad del argumento (Erduran, Osborne & Simon, 2004). Trabajando inicialmente con 12 profesores para desarrollar sus habilidades y experiencia en el primer año, tomamos los estudiantes de los seis profesores que habían hecho más progresos para reunir información de base de dos grupos de niños en cada clase acerca de la calidad del argumento obtenido en un ejercicio que incluyó argumentación socio-económica (si construir o no un nuevo zoológico), en un intervalo de contextos científicos. Los profesores entonces utilizaron un mínimo de ocho actividades dialógicas basadas en argumentos a lo largo del curso de un año. Nosotros repetimos el ejercicio un año después para encontrar si sus habilidades habían mejorado comparadas con las de un grupo control que no había utilizado tales actividades. Las habilidades del grupo de intervención habían mejorado comparadas con las del grupo de control, pero no significativamente. Nuestra hipótesis aquí es que la adquisición de tales habilidades es un proceso de largo plazo que toma significativamente más tiempo que un año. Sin embargo, nuestra evidencia junto con la de otros, proporciona credibilidad y ayuda a convencer a los profesores de que tales aproximaciones pueden ser efectivas, si se adoptan.

Más fundamentalmente, nosotros reconocimos que argumentar es un proceso que necesita ser explícitamente enseñado a través de proporcionar una actividad apropiada, apoyo y modelación (Simon, Erduran & Osborne, 2006). Otros investigadores han alcanzado semejantes conclusiones (Hogan & Maglienti, 2001; Zohar & Nemet, 2002). Traducir los hallazgos de la investigación de nuestro trabajo sobre argumentación y nuestro trabajo sobre la enseñanza de las 'ideas acerca de la ciencia' en una forma que fuera accesible a los profesores fue, sin embargo, una tarea no trivial. El debate que existe en la literatura acerca del desarrollo profesional de los profesores es esencialmente entre aquellos que primero buscan transformar sus valores, lo cual, a su vez, conduciría entonces a un cambio en su práctica (Putnam & Borko, 2000), y aquellos que buscarían transformar la práctica cuyos resultados positivos en compromiso y aprendizaje conduciría entonces a reconsiderar sus valores (Guskey, 2002).

Además, la investigación sobre el desarrollo profesional de los profesores (Guskey, 2002; Joyce & Showers, 2002) ha mostrado que un elemento esencial, entre otros, del desarrollo profesional efectivo es el entrenamiento mediante el cual los profesores tienen la oportunidad de ver prácticas novedosas o diferentes. Entonces, basándonos en el trabajo de Joyce

y Showers (2002), fuimos conducidos a creer que lo que necesitábamos eran ejemplares de videos del tipo de práctica que buscábamos establecer. Así pues, trabajando con nuestro grupo original de seis profesores comprometidos, desarrollamos los materiales IDEAS (Acrónimo de Ideas, Evidencia y Argumento en Educación Científica en inglés) consistentes en un DVD de dos cortos y talleres para el desarrollo continuo de los profesores en este terreno (Osborne, Erduran & Simon, 2004). Este paquete se basó en estos ejemplares en video de las prácticas y estrategias que utilizan profesores experimentados en el aula. Además, incorporaba un conjunto de materiales de clase innovadores y sencillos para utilizarse por los profesores en apoyo de su enseñanza de ideas, evidencia y argumento en ciencia. Estos materiales fueron producidos como parte de un ciclo de desarrollo que incluía un periodo de prueba con un grupo de profesores. La retroalimentación de estos profesores fue entonces utilizada para modificar y mejorar tanto los materiales impresos como el video de entrenamiento.

Los materiales que hemos desarrollado tienen esencialmente seis temas:

1. *Introducción del argumento*: Los profesores requieren algún conocimiento teórico y un metalenguaje para hablar acerca del argumento. Para muchos, el lenguaje de ideas, evidencias, datos, razones y justificaciones son un discurso desconocido y se requieren simples ejercicios para desarrollar su conocimiento y para ayudarlos a percibir las explicaciones científicas como una forma de argumento
2. *Manejo de las discusiones en grupos pequeños*: Históricamente, en la mayoría de las clases de ciencia los pequeños grupos de discusión se han practicado en una proporción mínima (Newton, Driver & Osborne, 1999; Sands, 1981). Los profesores carecen del repertorio de estrategias básicas tales como grupos de dos; pares a cuartetos; enviados<sup>3</sup> —o tríadas de escuchas que pueden utilizarse para estructurar discusiones de grupo que han sido desarrolladas y usadas en otras áreas curriculares (Johnson, Johnson & Johnson-Houlbec, 2002). Adicionalmente, ellos necesitan considerar qué tan grandes deberían ser los grupos y si deberían ser heterogéneos u homogéneos. Tal conocimiento es crítico para una pedagogía exitosa.
3. *Enseñanza de la argumentación*: Los profesores necesitan un conocimiento de las habilidades necesarias para sustentar el andamiaje de la argumentación en sus estudiantes. Por ejemplo, cómo estimular a los estudiantes a escuchar —una habilidad de la que muchos estudiantes carecen; cómo reconocer los elementos de un argumento y usar un meta-lenguaje apropiado con los estudiantes; cómo ejemplificar casos de argumentos buenos y débiles; cómo adoptar la posición contraria y desafiar las ideas de los estudiantes para estimular la contra-argumenta-

<sup>3</sup> "envoys" en el original, aunque explica de lo que se trata en el texto inmediatamente después.

ción; y la habilidad de demostrar cómo se justifican los argumentos.

4. *Recursos para la argumentación*: En primera instancia, los profesores necesitan un conjunto de recursos ya elaborados para las actividades de argumentación. Éstos son el equivalente culinario de la comida pre-cocinada —una actividad de anaquel cuyas instrucciones pueden ser seguidas a la letra y luego considerados los productos. El paquete IDEAS contiene 15 de estas actividades desarrolladas por profesores que ejemplifican los marcos de referencia para la argumentación discutidos en Osborne *et al.* (2004).
5. *Evaluación del argumento*: Conforme los estudiantes se enfrasan en la deliberación dialógica y argumentativa, el profesor tiene que hacer rápidos juicios acerca de la calidad del argumento. Si éste es débil, su responsabilidad es intervenir y retar al grupo a mejorar la calidad de su argumento. Las actividades basadas en la argumentación son desafiantes para cualquier profesor de ciencia, quien requiere un conocimiento seguro de la disciplina para evaluar la relevancia de los muchos puntos que los estudiantes plantearán.
6. *Modelación del argumento*: Éste es un proceso de representación ante un estudiante sobre: en qué consiste un argumento; cuáles son sus partes componentes; y qué hace un argumento mejor que otro. Un ejemplo de este proceso puede encontrarse en nuestro trabajo en Simon *et al.* (2006) donde el profesor modeló el proceso de producir un buen argumento:

*Sarah*: Y nosotros estamos tratando de pensar esta mañana acerca de qué tipo de cosas harán un buen argumento. ¿Cómo van ustedes a persuadir a esta agencia de que sí, que los zoológicos deben ser abiertos? Ustedes necesitan ofrecer argumentos fuertes o, si no lo quieren, argumentos fuertes en contra. Así que ¿qué tipo de cosas piensan que necesitan para hacer un buen argumento? ¿Cómo van a hacer que su argumento sea fuerte?

*Estudiante*: Apoyándolos

*Sarah*: ¿Apoyándolos? ¿Qué quieres decir con eso, Ema? ¿Cómo se puede, que quieres decir con apoyándolos?

*Estudiante*: Usted dice cómo y porqué.

*Sarah*: Alan, acabo de escuchar una palabra tuya ¿qué dijiste?

*Estudiante*: Evidencia.

*Sarah*: Evidencia. ¿Dar evidencia para soportar qué, tus ideas? ¿Tus puntos de vista? Evidencia e ideas para soportarlo. ¿Deberían ser solamente opiniones y sentimientos o deberían ser...?

*Estudiante*: Hechos.

La habilidad para modelar argumentos con los estudiantes es dependiente de un meta-nivel de conocimiento —que es el

conocimiento acerca del argumento y su papel en la ciencia. En muchas formas, es equivalente al conocimiento de la disciplina y es un cuerpo de conocimientos que los profesores deben poseer si van a tener la capacidad de modelar la práctica del argumento con sus estudiantes. Tal práctica es esencial ya que ejemplifica, con ejemplos concretos, el tipo de razonamiento y diálogo que el profesor desea desarrollar.

La siguiente etapa en nuestro trabajo es preguntar ¿en qué forma tal práctica puede ser más efectivamente arraigada en la práctica cotidiana regular de los profesores? El conocimiento actual sugeriría que se requiere una visión más compleja del aprendizaje profesional para provocar un cambio sostenido (Bell & Gilbert, 1996; Fullan, 2001; Hoban, 2002; Spillane, 1999). El trabajo de Hoban es particularmente importante aquí, ya que identifica una combinación de condiciones para el aprendizaje de los maestros que se complementan unas con otras para apoyar el cambio. Ellas son una concepción de la enseñanza como una relación dinámica con los estudiantes y con otros profesores, en la cual el cambio involucra varias cuestiones: incertidumbre; lugar para la reflexión con el propósito de entender los patrones emergentes del cambio; un sentido de propósito que promueve el deseo de cambio; una comunidad para compartir experiencias; oportunidades de acción para probar lo que sí y lo que no funciona en sus aulas; aportaciones conceptuales para ampliar los conocimientos y la experiencia (en este caso, ideas acerca del valor de la argumentación al enseñar ciencia); y, finalmente, tiempo suficiente para ajustarse a los cambios hechos.

Adicionalmente, el trabajo de Spillane (1999) ofrece un modelo denominado 'zonas de representación' el cual utiliza para explicar por qué algunos profesores cambian y otros no, al examinar los límites y restricciones impuestos sobre cualquier profesor dentro de una comunidad profesional. Zonas de representación modela la distancia entre la práctica vigente de los profesores y su comprensión de esa misma práctica, así como los niveles de comprensión y práctica que pueden ser alcanzados a través de la colaboración con otros al utilizar recursos materiales. Estos estudios y perspectivas teóricas del cambio en el profesor sugieren que para arraigar una nueva aproximación en la enseñanza de la ciencia como una práctica normativa, los cambios en pedagogía necesitan ser adoptados no sólo por individuos aislados sino, más bien, por departamentos enteros trabajando en colaboración a lo largo del currículum de las edades de 11 a 19. Nosotros esperamos que el trabajar con los departamentos de esta forma, en el nuevo proyecto de investigación que estamos a punto de empezar, permitirá una transformación del 'habitus cultural' en el cual reside mucho del discurso cotidiano de los profesores con sus valores asociados y arraigados acerca de la pedagogía 'exitosa'.

En conjunto, toda esta investigación sugeriría, entonces, que es la comunidad estrechamente unida de un departamento de ciencia escolar la que puede proporcionar el sistema profesional de aprendizaje en el cual los profesores pueden apoyarse unos a otros a través de la colaboración y la reflexión. En tal contexto, cualquier cambio en la práctica es menos



dependiente del entusiasmo de individuos decisivos que pueden cambiar de puesto. De ahí que nosotros busquemos trabajar con los departamentos completos de ciencia de las escuelas, para ver si una masa crítica de profesores deseosos puede apoyar y mantener el cambio que, con el tiempo, conduciría a un cambio en la práctica más comprometido y duradero. Aún más, nosotros buscamos construir una comunidad de aprendizaje profesional que trascienda las fronteras de la escuela al reunir, a intervalos regulares, a dos profesores destacados de cada escuela para compartir sus experiencias, conocimientos y comprensión de la práctica efectiva. El desarrollo profesional continuo cooperativo requiere del análisis reflexivo que ayuda a sostener el cambio a través del desarrollo de un lenguaje compartido (Loughran, 2003), en este caso, el de la argumentación y la enseñanza dialógica.

Lo que será clave para este trabajo será cambiar que los profesores vean las manifestaciones de los estudiantes como respuestas a evaluar, por una situación en la cual las aportaciones que hagan sean tratadas como 'dispositivos para pensar' (Wertsch, 1991) —es decir, como una contribución al proceso de construcción del conocimiento donde el uso y la respuesta de los profesores a la palabra del estudiante sea crítica para determinar el valor del diálogo. La argumentación transforma el discurso monológico común del salón de clase de ciencia escolar porque demanda el uso de pequeños grupos de trabajo, la consideración de alternativas plurales y posibilita un discurso que genera en los estudiantes preguntas y contra-argumentos. De esta manera, no sólo los estudiantes llegarán a una comprensión más profunda de los conceptos de la ciencia, sino también adquirirán un sentido de por qué sabemos lo que sabemos y de la lucha necesaria para su producción. Sólo entonces, no solamente ellos tendrán una comprensión de lo que es la idea científica, sino también de cómo se obtuvo y por qué importa. Al final de todo, lo que la ciencia en la escuela ofrecerá es algo que es más interesante y, lo que importa más, más duradero. La ciencia escolar entonces habrá justificado su legítimo lugar en el currículum.

## Referencias

- Alexander, R. *Towards Dialogic Teaching*. York: Dialogos, 2005.
- Alverman, D.E., Qian, G. & Hynd, C.E. Effects of interactive discussion and text type on learning counterintuitive science concepts, *Journal of Educational Research*, **88**, 146-154, 1995.
- Andrews, R. *Teaching and Learning Argument*. London: Cassell, 1995.
- Archer, L. & Yamashita, H. 'Knowing their limits'? Identities, Inequalities and Inner City School Leavers' Post-16 Aspirations, *Journal of Education Policy*, **18**(1) 53-69, 2003.
- Barron, B. When Smart Groups Fail, *The Journal of the Learning Sciences*, **12**(3), 307-359, 2003.
- Bell, B. & Gilbert, J. *Teacher development: a model from science education*. London: Falmer Press, 1996.
- Billig, M. *Arguing and Thinking* (2<sup>nd</sup> ed.). Cambridge: Cambridge University Press, 1996.
- Buckingham, D. *After the death childhood: Growing up in the age of electronic media*. Cambridge, England: Polity Press, 2000.
- Dillon, J.T. *Using Discussion in Classrooms*. Buckingham: Open University Press, 1994.
- Driver, R., Newton, P. & Osborne, J. Establishing the norms of scientific argumentation in classrooms, *Science Education*, **84**(3), 287-312, 2000.
- Dweck, C. *Self-theories: Their Role in Motivation, Personality, and Development* (Essays in Social Psychology): Psychology Press, 2000.
- Erduran, S., Osborne, J.F. & Simon, S. Tapping into Argumentation: Developments in the application of Toulmin's Argument Pattern for studying science discourse, *Science Education*, **8**(6), 915-933, 2000.
- Fullan, M. *The new meaning of educational change* (2<sup>nd</sup> ed.). London: Cassell, 2001.
- Gilbert, J. *Catching the Knowledge Wave? The Knowledge Society and the Future of Education*. Wellington, New Zealand: NZCER Press, 2005.
- Goffman, E. *The Presentation of Self in Everyday Life*. New York: Anchor Books, 1959.
- Guskey, T.R. Professional Development and Teacher Change. *Teachers and Teaching: Theory and Practice*, **8**(3-4), 381-391, 2002.
- Habraken, C.L., Buijs, W., Borkent, H., Ligeon, W., Wender, H. & Meijer, M. School Chemistry vs Chemistry in Research: An Exploratory Experiment, *Journal of Science Education and Technology*, **10**(3), 249-256, 2001.
- Head, J. Personality and the Pursuit of Science, *Studies in Science Education*, **6**, 23-44, 1979.
- Head, J. *The Personal Response to Science*. Cambridge: Cambridge University Press, 1985.
- Herrenkohl, L., Palinscar, A., Dewater, L.S. & Kawasaki, K. Developing Scientific Communities in Classrooms: A Sociocognitive Approach, *The Journal of the Learning Sciences*, **8**(3-4), 451-493, 1999.
- Hoban, G. *Teacher Learning for Educational Change*. Buckingham: Open University Press, 2002.
- Hogan, K. & Maglienti, M. Comparing the Epistemological Underpinnings of Students' and Scientists' Reasoning about Conclusions, *Journal of Research in Science Teaching*, **38**(6), 663-687, 2001.
- Holland, D., Lachoitte, W., Skinner, D. & Cain, C. *Identity and agency in cultural worlds*. Cambridge, MA: Harvard University Press, 1998.
- Howe, C., Tolmie, A., Duchak-Tanner, V. & Rattray, C. Hypothesis testing in science: group consensus and the acquisition of conceptual and procedural knowledge, *Learning and Instruction*, **10**, 361-391, 2000.
- Howe, C., Tolmie, A. & Mackenzie, M. Computer support for collaborative learning of physics concepts. In C. O'Malley (ed.), *Computer-supported collaborative learning*. Berlin: Springer, 1995.
- Hynd, C. & Alvermann, D.E. The Role of Refutation Text in

- Overcoming Difficulty with Science Concepts, *Journal of Reading*, **29**(5), 440-446, 1986.
- Johnson, D.W. & Johnson, R.T. Conflict in the Classroom: Controversy and Learning, *Review of Educational Research*, **49**(1), 51-70, 1979.
- Johnson, D.W., Johnson, R.T. & Johnson-Houlbec, E. *Circles of Learning: Cooperation in the Classroom* (5<sup>th</sup> ed.). Minnesota: Interaction Book Company, 2002.
- Joyce, B. & Showers, B. *Student Achievement Through Staff Development* (3<sup>rd</sup> ed.). White Plains, NY: Longman, 2002.
- Kuhn, D. *The Skills of Argument*. Cambridge: Cambridge University Press, 1991.
- Latour, B. & Woolgar, S. *Laboratory Life: The Construction of Scientific Facts* (2<sup>nd</sup> ed.). Princeton, NJ: Princeton University Press, 1986.
- Loughran, J. Leading with a focus on science teaching and learning. In J. Wallace & J. Loughran (eds.), *Leadership and Professional Development in Science Education*, 2003.
- Lyons, T. Different Countries, Same Science Classes: Students' experience of school science classes in their own words, *International Journal of Science Education*, **28**(6), 591-613, 2006.
- Matthews, M.R. *Science Teaching: The Role of History and Philosophy of Science*. New York: Routledge, 1994.
- Mercer, N., Dawes, L., Wegerif, R. & Sams, C. Reasoning as a scientist: ways of helping children to use language to learn science, *British Education Research Journal*, **30**(3), 359-377, 2004.
- Millar, R. Rhetoric and Reality: What practical work in science education is really for. In J. Wellington (ed.), *Practical Work in School Science: Which way now?* (pp. 16-31). London: Routledge, 1998.
- Mortimer, E. & Scott, P. *Meaning Making in Secondary Science Classrooms*. Maidenhead: Open University Press, 2003.
- Newton, P., Driver, R. & Osborne, J. The Place of Argumentation in the Pedagogy of School Science, *International Journal of Science Education*, **21**(5), 553-576, 1999.
- Nystrand, M., Gamoran, A., Kachur, R. & Prendergarst, C. *Opening Dialogue: Understanding the Dynamics of Language and Learning in the English Classroom*. New York: Teachers College Press, 1997.
- Ohlsson, S. Learning to do and learning to understand? A lesson and a challenge for cognitive modelling. In P. Reimann & H. Spada (eds.), *Learning in Humans and Machines* (pp. 37-62). Oxford: Elsevier, 1996.
- Osborne, J.F. & Collins, S. Pupils' views of the role and value of the science curriculum: a focus-group study, *International Journal of Science Education*, **23**(5), 441-468, 2001.
- Osborne, J.F., Erduran, S. & Simon, S. Enhancing the Quality of Argumentation in School Science, *Journal of Research in Science Teaching*, **41**(10), 994-1020, 2004.
- Osborne, J.F., Erduran, S. & Simon, S. *The IDEAS Project*. London: King's College London, 2004.
- Osborne, J.F., Simon, S. & Collins, S. Attitudes towards Science: A Review of the Literature and its Implications, *International Journal of Science Education*, **25**(9), 1049-1079, 2003.
- Putnam, R. & Borko, H. What do new views of knowledge and thinking have to say about research on teacher learning?, *Educational Researcher*, **29**(1), 4-15, 2000.
- Ravetz, J. *Reflections on the new tasks for science education*. Unpublished Evidence submitted to the House of Commons Committee for Science and Technology, 2002.
- Reddy, M. The conduit metaphor. In A. Ortony (ed.), *Metaphor and Thought*. New York: Cambridge University Press, 1979.
- Sands, M.K. Group work in science: myth and reality, *School Science Review*, **62**(221), 765-769, 1981.
- Schreiner, C. & Sjøberg, S. Science Education and Youth's Identity Construction - Two incompatible projects? In D. Corrigan, J. Dillon & R. Gunstone (eds.), *The Re-emergence of values in the Science Curriculum* (pp. 231-247). Rotterdam: Sense Publishers, 2007.
- Sefton-Green, J. Youth, Technology, and Media Culture, *Review of Research in Education*, **30**, 279-306, 2007.
- Siegel, H. The Rationality of Science, Critical Thinking and Science Education, *Synthese*, **80**(1), 9-42, 1989.
- Simon, S., Erduran, S. & Osborne, J.F. Learning to Teach Argumentation: Research and Development in the Science Classroom, *International Journal of Science Education*, **28**(2-3), 235-260, 2006.
- Sjøberg, S. & Schreiner, C. How do learners in different cultures relate to science and technology? Results and perspectives from the project ROSE, *Asia Pacific Forum on Science Learning and Teaching*, **6**(2), 1-16, 2005.
- Spillane, J. External reform initiatives and teachers' efforts to reconstruct their practice: the mediating role of teachers' zones of enactment, *Journal of Curriculum Studies*, **31**(2), 143-175, 1999.
- Wertsch, J. *Voices of the Mind: A sociocultural approach to mediated action*. Cambridge, MA: Harvard University Press, 1991.
- Zohar, A. *Higher order thinking in science classrooms* Dordrecht: Kluwer, 2004.
- Zohar, A. The Nature and Development of Teachers' Metastategic Knowledge in the Context of Teaching Higher Order Thinking, *Journal of the Learning Sciences*, **15**(3), 331-377, 2006.
- Zohar, A. & Nemet, F. Fostering Students' Knowledge and Argumentation Skills Through Dilemmas in Human Genetics, *Journal of Research in Science Teaching*, **39**(1), 35-62, 2002.