



¿Cómo formar profesores de ciencias que promuevan la argumentación?: Lo que sugieren avances actuales de investigación

How to prepare science teachers to promote argumentation? The posture of current research advances

Pablo Antonio Archila

Université Lyon (Francia)

pabloantonioarchila@yahoo.fr

RESUMEN

Múltiples estudios muestran que los profesores de ciencias no están preparados para promover la argumentación. En este artículo se examinan los adelantos entre los años 2000 y 2015 en investigación en didáctica de las ciencias. Los hallazgos son empleados para fundamentar la necesidad de formar profesores de ciencias que fomenten esta habilidad de pensamiento. En tal sentido, el presente estudio se apoya en los avances consignados en la literatura para formular tres estadios como vía sustancial en la preparación de profesores que promuevan la argumentación. Los

progresos de investigación que se señalan en cada estadio son promisorios con lo cual pueden ser atendidos (y enriquecidos) por programas de formación de profesores.

PALABRAS CLAVE: actividades argumentativas, argumentación, formación de profesores de ciencias.

ABSTRACT

Several studies show science teachers are not prepared to promote argumentation. A literature review between 2000 and 2015 is reported in this paper. Thus, research advances detected are used to point out that science educators need to be trained in order to be able to enhance students' argumentation. Literature review permitted to formulate three stages as a means of preparing science teachers on argumentation in science education. The three stages recommended can be incorporated (and enriched) in teachers training courses.

KEYWORDS: Argumentative activities, argumentation, science teachers training.

1. INTRODUCCIÓN

Fomentar la argumentación es una responsabilidad de cualesquier profesor de ciencias de este siglo (Jiménez-Aleixandre y Erduran, 2015; Keeves y Darmawan, 2009; Sandoval y Millwood, 2007). De hecho, la argumentación en ciencia escolar favorece la construcción de aprendizajes relevantes (Tiberghien, 2007). Sin embargo, estudios realizados por Archila (2014a), McNeill y Knight (2013), Erduran (2006), Sampson y Blanchard (2012), Simon, Erduran y Osborne (2003, 2006), Stipcich, Islas y Domínguez (2006), Xie y So (2012) y Zohar (2007) llegan a una conclusión en común: los profesores de ciencias no están preparados para promover la argumentación. En consecuencia, urgen iniciativas que atiendan la pregunta: ¿Cómo formar profesores de ciencias que promuevan la argumentación? En el presente

artículo se sostiene que los programas de preparación de profesores, interesados en esta problemática, deben incorporar la argumentación como contenido de formación por medio de tres estadios, cada uno dinamizado por una pregunta, a saber: (i) ¿Qué es argumentar en ciencias?, (ii) ¿Para qué promover la argumentación en ciencia escolar? y (iii) ¿Cómo fomentar la argumentación en clase de ciencias?

“Las necesidades de formación de los profesores cambian todo el tiempo, y estos cambios impulsan diferentes requisitos que van en paralelo con tales cambios” (Al-Weher y Abu-Jaber, 2007, p. 241). Dicho esto, los tres estadios surgen como “requisitos actuales”, toda vez que son el resultado de una revisión de literatura de 2000 a 2015. Los adelantos en investigación que sustentan cada estadio provienen de 81 estudios identificados. Se consultaron sistemáticamente cuatro tipos de publicaciones científicas especializadas en didáctica de las ciencias y/o formación de profesores (revista, libro, handbook y enciclopedia).

Existe evidencia de revisiones al estado del arte de la argumentación en ciencia escolar y sus tendencias. Por ejemplo, Archila (2012, revisión entre 1990-2011), Lee, Wu y Tsai (2009, revisión entre 2003-2007), Lin, Lin y Tsai (2014, revisión entre 2008-2012) y Tsai y Wen (2005, revisión entre 1998-2002). La más reciente es autoría de Erduran, Ozdem y Park (2015, revisión entre 1998-2014), quienes realizaron un rastreo en tres revistas científicas (*International journal of science education*, *Journal of research in science teaching* y *Science education*). Empero, todas las revisiones mencionadas aún son muy generales, ya que su propósito es mostrar la progresión y el creciente interés que la comunidad internacional ha manifestado hacia la argumentación. Así las cosas, la autenticidad de la presente revisión reside en su exhaustividad y preferencia hacia la formación de profesores de ciencias, en el entendido que ellos “también necesitan ser educados en prácticas de la argumentación para que puedan abordar la argumentación en sus futuros salones de

¿Cómo formar profesores de ciencias que promuevan la argumentación?: Lo que sugieren avances actuales de investigación

clase, así como apoyar la argumentación de los estudiantes” (Ozdem, Ertepinar, Cakiroglu y Erduran, 2013, p. 2560).

La introducción debe contener un texto introductorio al trabajo presentado. Los agradecimientos no deben incluirse en el manuscrito ciego. Se debe evitar cualquier dato que pueda advertir sobre la autoría del manuscrito (revisar las propiedades del manuscrito, evitar los autores en la versión ciega). El texto debe estar escrito en estilo impersonal. No se debe incluir líneas entre párrafos de un mismo epígrafe. Se deben evitar las notas a pie de página.

2. ACERCA DE LA METODOLOGÍA Y LOS CRITERIOS DE SELECCIÓN DE LA INFORMACIÓN

La revisión bibliográfica se efectuó en tres fases (Figura 1). En la primera etapa se rastrearon fuentes de publicación científica en didáctica de las ciencias y/o formación de profesores. En detalle, se revisaron 16 revistas, 12 libros, 6 handbooks y una enciclopedia especializada en educación en ciencias (Tabla 1). La selección respondió a tres criterios: (i) año (2000-2015), (ii) idioma (español, francés e inglés) y (iii) palabras clave (actividades argumentativas, argumentación, enseñanza de las ciencias y formación de profesores; se seleccionaron estudios que cumplieran con al menos dos palabras clave).

¿Cómo formar profesores de ciencias que promuevan la argumentación?: Lo que sugieren avances actuales de investigación

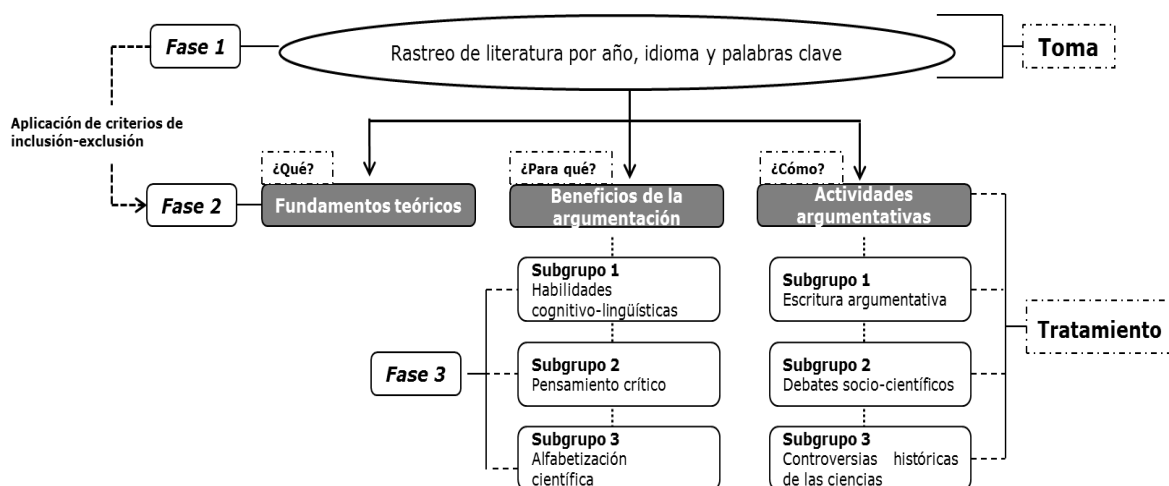


Figura 1. Fases de la toma y el tratamiento de los datos

La Fase 1 permitió efectuar un filtro inicial que fue minuciosamente depurado en la Fase 2, donde las publicaciones fueron sometidas a los siguientes criterios de inclusión-exclusión:

- Mención explícita de fundamentos teóricos de la argumentación en ciencia escolar.
- Descripción detallada de ventajas y dificultades de la incorporación de prácticas argumentativas en clase de ciencias.
- Caracterización del rol del profesor en escenarios argumentativos en clase de ciencias.

Tabla 1

Fuentes de referencia consultadas en relación a la didáctica de las ciencias y la formación de profesores

	Didáctica de las ciencias	Formación de profesores	n
Revistas	Asia-Pacific Forum on Science Learning and Teaching / Enseñanza de las Ciencias / Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education / Instructional Science / International Journal of Science and Mathematics Education / International Journal of Science Education /	Journal of Science Teacher Education / Revista Currículum y Formación del Profesorado	

	International Journal of STEM Education / Journal of Research in Science Teaching / Revista Chilena de Educación Científica / Revista Electronica de Enseñanza de las Ciencias / Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias / Science Education / Science & Education / School Science Review		
<i>Total</i>	14	2	16
Libros	Argumentation and education: theoretical foundations and practices / Argumentation et disciplines scolaires / Argumentation in science education: perspectives from classroom-based research / Argumenter en classe de sciences: du débat à l'apprentissage / La argumentación: historia, teorías, perspectivas / Metacognition in science education: trends in current research / Perspectives on scientific argumentation: theory, practice and research / Science education research and practice in Europe: retrospective and prospective / Socio-scientific issues in the classroom: teaching, learning and research / The role of moral reasoning in socioscientific issues and discourse in science education / Uso de la lengua en situación de enseñanza aprendizaje desde las áreas curriculares	Leadership and professional development in science education: new possibilities for enhancing teacher learning	
<i>Total</i>	11	1	12
Handbooks	Handbook of research on science education / Handbook of research on science education: volume 2 / International handbook of research in history, philosophy and science teaching / Second international handbook of science education	Handbook of teacher education / International handbook of research on teachers and teaching	
<i>Total</i>	4	2	6
Enciclopedia	Encyclopedia of science education		
<i>Total</i>	1		1
			<i>N=35</i>

¿Cómo formar profesores de ciencias que promuevan la argumentación?: Lo que sugieren avances actuales de investigación

Antes de exponer en detalle cada estadio, conviene aclarar dos aspectos, el primero es que de las 81 comunicaciones seleccionadas, alrededor del 55% (45/81, Figura 3) corresponde a artículos de las revistas científicas examinadas (Tabla 1). Un porcentaje menor se encontró en capítulos de libro (26%, 21/81), handbook (15%, 12/81) y enciclopedia (4%, 3/81). En segundo lugar, los resultados de esta revisión muestran que los periodos de publicación de los 81 aportes se concentran en los años 2007 (11%, 9/81), 2012 (16%, 13/81), 2014 (16%, 13/81) y 2015 (8%, 13/81) (Figura 4). Este último dato confirma que los tres estadios incluyen estudios efectivamente recientes.

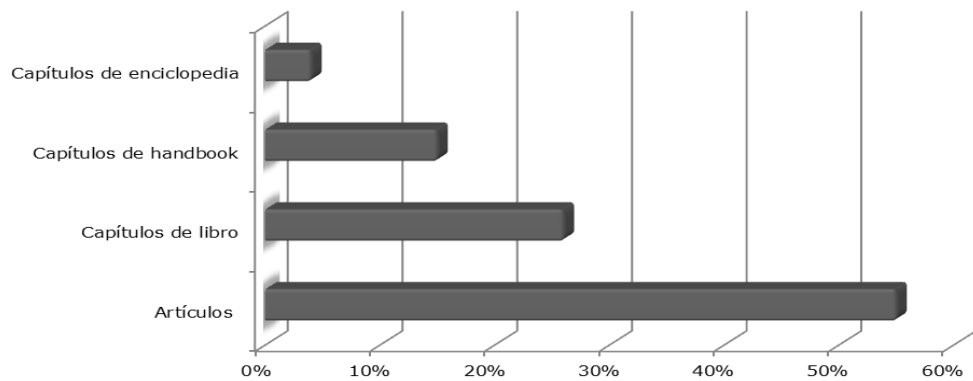


Figura 3. *Porcentajes de distribución de publicaciones por tipo*

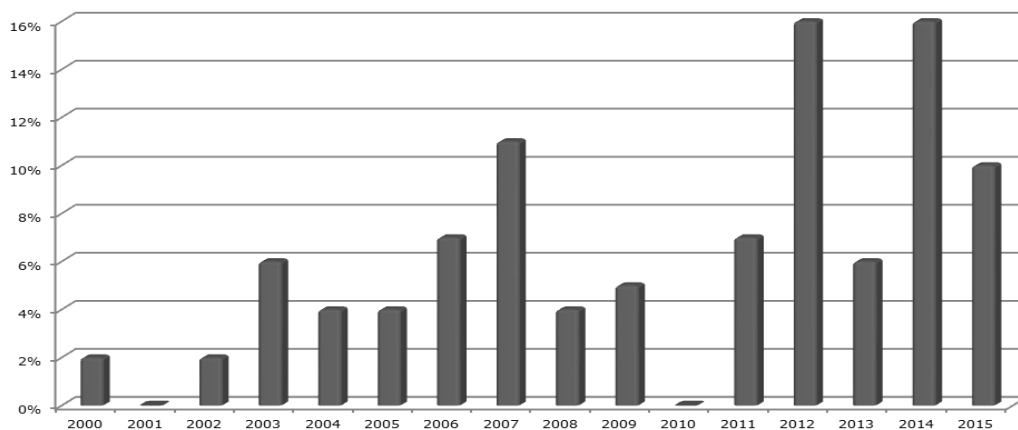


Figura 4. *Porcentajes de distribución de publicaciones por año*

3.1. FORMULACIÓN DEL PRIMER ESTADIO: ¿QUÉ ES ARGUMENTAR EN CIENCIAS?

El Primer estadio que surge de esta revisión de literatura tiene que ver con una fundamentación teórica que les permita a los profesores en formación inicial y continuada responder la pregunta: ¿Qué es argumentar en ciencias? (Figura 2). En esta línea, Ozdem et al. (2013) han identificado que “hay poca investigación sobre cómo los profesores en formación inicial y en ejercicio, construyen y aprenden a promover la argumentación en ciencias” (p. 2560). Análogamente, Xie y So (2012), luego de efectuar un estudio en China, determinaron que los futuros profesores de ciencias desconocen los fundamentos teóricos de la argumentación. Situación similar es reportada por Archila (2014b), Erduran, Ardac y Yakmaci-Guzel (2006), Sadler (2006), Simon et al. (2003) y Weinberger y Zohar (2000), en Colombia, Turquía, Estados Unidos, Inglaterra e Israel, respectivamente. Estos autores señalan que ignorar dichas bases incide en las escasas oportunidades que los profesores ofrecen a los estudiantes para argumentar en clase de ciencias. En tal sentido, los profesores de ciencias están llamados a tomar conciencia acerca de la existencia de diversas posturas teóricas en argumentación. “Por ejemplo, Anscombe y Ducrot (1983) enfatizan en el rol del lenguaje en la argumentación mientras que Grize (1982) centra la atención en los procesos cognitivos” (Erduran y Jiménez-Aleixandre, 2007, p. 14). Estas diferencias no deben ser entendidas como un asunto menor al momento de incorporar la formación en argumentación en programas de preparación de profesores de ciencias.

Recientemente, Cetin, Dogan y Kutluca (2014) han dado a conocer adelantos producto de investigación en donde se afirma que cuando los profesores de ciencias tienen un alto dominio conceptual, ello no es suficiente para promover la argumentación en clase de ciencias. Análogamente, los últimos resultados revelados

por Kim y Hand (2015) confirman que una relación simétrica profesor-estudiantes y un acompañamiento explícito en la elaboración de argumentos en clase de ciencias, son factores determinantes en el fomento de la argumentación. Por ende, es aconsejable que los programas de formación comiencen por incorporar contenidos dirigidos a una fundamentación teórica en argumentación. De hecho, Zembal-Saul (2009) ha ido un poco más lejos al sugerir se preste especial atención a los profesores encargados de la formación de profesores.

Al respecto, conviene mencionar que no se trata de sobrecargar con cursos sobre teorías argumentativas a los programas de formación de profesores de ciencias, el propósito es que dichas teorías sean consideradas como un conocimiento necesario cuando los profesores planean sus estrategias de enseñanza y aprendizaje, es decir, que estén en capacidad de discernir en que momento les resulta más apropiado utilizar un modelo de argumentación en particular como *Toulmin* (Blanco y Díaz de Bustamante, 2014; Henao y Stipich, 2008; Jiménez-Aleixandre y Díaz de Bustamante, 2003) o *van Eemeren y Grootendorst* (Larrain, Freire y Howe, 2014; Nielsen, 2012; Rigotti y Greco Morasso, 2009; Zemplén, 2007).

Archila (2012) y Plane, Isidore-Prigent y Rebière (2004) han enfatizado en la importancia de reconocer el hecho que la argumentación tiene sus fundamentos más robustos en las ciencias del lenguaje, con lo cual la didáctica de las ciencias se apoya en dichos pilares para involucrarla en la ciencia escolar. En esta revisión, se halló la obra de Plantin (2012) que podría ser de especial utilidad para propiciar reflexiones en los profesores de ciencias acerca de la argumentación vista desde las ciencias del lenguaje, pues allí se expone un breve recorrido por las principales teorías de la argumentación de la segunda mitad del siglo XX (Ducrot, 1972; Grize, 1982; Perelman y Olbrechts-Tyteca, 1958; Toulmin, 1958; van Eemeren y Grootendorst, 1996).

¿Cómo formar profesores de ciencias que promuevan la argumentación?: Lo que sugieren avances actuales de investigación

¿Qué es argumentar en ciencias de la naturaleza? La pregunta supone conexiones y transiciones entre las ciencias del lenguaje y las ciencias de la naturaleza. En el Primer estadio se recomienda que los programas de formación de profesores de ciencias involucren en sus contenidos las reflexiones de Adúriz-Bravo, Bonan, Galli, Chion y Meinardi (2005). Estos autores lideraron un estudio que no solo responde a la pregunta en cuestión sino que también propone y orienta otro interrogante, a saber: ¿Qué es argumentar en ciencia escolar? En síntesis, esta revisión permite afirmar que la literatura consultada coincide en que *argumentar en ciencias de la naturaleza* es la actividad efectuada por científicos en donde se evalúan y articulan evidencias (datos y hechos) en correspondencia a una conclusión de carácter científico (Adúriz-Bravo et al., 2005; Blanco y Díaz de Bustamante, 2014; Jiménez-Aleixandre y Erduran, 2015). A su vez, *argumentar en ciencia escolar* es una acción realizada por profesores y estudiantes que evalúan y articulan evidencias (datos y hechos) para comunicar una conclusión que involucra a las ciencias de la naturaleza como objeto de enseñanza y aprendizaje (Adúriz-Bravo et al., 2005; Erduran y Jiménez-Aleixandre, 2007).

3.2. FORMULACIÓN DEL SEGUNDO ESTADIO: ¿PARA QUÉ PROMOVER LA ARGUMENTACIÓN EN CIENCIA ESCOLAR?

Ruiz, Márquez y Tamayo (2014) han confirmado que es posible cambiar las concepciones de los profesores acerca de la argumentación. Empero, “introducir la argumentación en la clase de ciencias requiere que los profesores estén convencidos que la argumentación es un componente esencial para el aprendizaje de las ciencias” (de Hosson y Kaminski, 2007, p. 629-630). La afirmación de Hosson y Kaminski (2007) conlleva a formular el Segundo estadio: ¿Para qué promover la argumentación en ciencia escolar? El propósito es que a través de esta pregunta los profesores en formación se convenzan de las potencialidades que ofrece la argumentación, dicho de

otro modo, es imperativo que los profesores le *hallen sentido* a promover la argumentación.

Así las cosas, los resultados de esta revisión dan cuenta de tres beneficios de la argumentación, y sobre los cuales investigaciones recientes han prestado atención. El primer aporte de la argumentación está relacionado con el fomento de habilidades cognitivo-lingüísticas (describir, definir, justificar y explicar), la segunda contribución se traduce en la promoción del pensamiento crítico (evaluación de evidencias) y el tercer beneficio es el enriquecimiento de la alfabetización científica (comprensión de la naturaleza de la ciencia) (Figura 2).

a) Habilidades cognitivo-lingüísticas

Las habilidades cognitivo-lingüísticas son capacidades innatas de razonamiento y comunicación que pueden ser potenciadas en la escuela (Archila, 2013). En los desarrollos en investigación dados a conocer por Adúriz-Bravo et al. (2005), Aragón (2007), Jorba, Gómez y Prat (2000) y Revel, Couló, Erduran, Furman, Iglesia y Adúriz-Bravo (2005), se reconoce a la descripción, la definición, la justificación, la explicación y la argumentación como habilidades cognitivo-lingüísticas, para Jorba, Gómez y Prat (2000) esta última es la más compleja de promover. Además, Adúriz-Bravo et al. (2005), Aragón (2007) y Archila (2013) sostienen dos aspectos para referirse a las habilidades cognitivo-lingüísticas. El primero es que no se pueden alcanzar niveles deseables de argumentación en los estudiantes si solo se fomenta esta habilidad de pensamiento. Es decir, otras habilidades cognitivo-lingüísticas también deben ser enriquecidas paralelamente. El segundo, los estudiantes con altos niveles cognitivo-lingüísticos presentan menos dificultades de aprendizaje de las ciencias. En consecuencia, las iniciativas escolares que ubican a la

potenciación de habilidades cognitivo-lingüísticas como una prioridad institucional por encima de la adquisición de contenidos conceptuales, logran mejores resultados.

En efecto, cuando los estudiantes encuentran oportunidades de argumentar en clase de ciencias, allí, no solo interviene la argumentación sino que emergen otras habilidades cognitivo-lingüísticas (Revel et al., 2005) para enriquecer la interacción argumentativa (Buty y Plantin, 2008). Esta sería una contribución promisorio de la argumentación en el ámbito de la educación en ciencias. De igual modo, los programas de formación se deben interesar en que los profesores de ciencias conciban a las prácticas escolares como escenarios sustanciales para que los estudiantes aprendan como aprender. Esta es una alternativa que otorga gran sentido al para qué promover la argumentación en ciencia escolar. La revisión de literatura también favoreció la detección de una referencia, además de las ya mencionadas, que puede ser incorporada en los contenidos de formación de profesores de ciencias. Se trata del estudio de Osborne (2012), quien enfatiza en las relaciones de la argumentación con otras habilidades de pensamiento.

b) Pensamiento crítico

“El pensamiento crítico es el pensamiento reflexivo y razonable centrado en decidir que creer o hacer” (Ennis, 1985, p. 45). La revisión arroja evidencia de estudios que aseguran que la argumentación realiza aportes sustanciales para el fomento del pensamiento crítico (Bailin, 2002; Jiménez-Aleixandre y Puig, 2012). En concreto, “hay una amplia aceptación de la idea de que el pensamiento crítico debe ser una dimensión importante de la educación en ciencias” (Bailin, 2002, p. 631). El texto de Jiménez-Aleixandre y Puig (2012) puede ser conveniente en la preparación de profesores de ciencias que promuevan la argumentación. Estas autoras ofrecen una fundamentación inicial acerca de diferentes significados y posturas de pensamiento

crítico que se encuentran en la literatura de campos como la filosofía, la psicología y la educación en ciencias. Dicha fundamentación es empleada para sustentar el vínculo de la argumentación con este tipo de pensamiento, allí, estas investigadoras sugieren el acto de “evaluar pruebas (evidencias)” como trascendental para materializar el vínculo en mención.

Recientes investigaciones dedicadas al estudio del pensamiento crítico y la educación en ciencias (Ford y Yore, 2012; Lin, 2014; Solbes, 2013ab; Zoller y Nahum, 2012) coinciden en su afinidad con la argumentación en ciencias, puesto que en el mundo actual “las personas se encuentran cada vez más con la necesidad de responder adecuadamente a los complejos problemas que enfrentan, a través de la toma racional de decisiones [...] en lugar de aceptar pasivamente soluciones proporcionadas, o impuestas por otros” (Zoller y Nahum, 2012, p. 211). Ligada al fomento del pensamiento crítico se encuentra la misión de enseñar a pensar (Lin, 2014), la cual demanda preparar a los profesores de ciencias (como también a otros actores educativos) para afrontar este reto. Por consiguiente, queda claro que “los profesores deben concentrar sus esfuerzos en el desarrollo de patrones racionales” (Jiménez-Aleixandre y Puig, 2012, p. 1011).

c) Alfabetización científica

Sumado al fomento de habilidades cognitivo-lingüísticas y el pensamiento crítico, la alfabetización científica surge como otro beneficio que la argumentación ofrece a la educación en ciencias. Puntualmente, este tipo de alfabetización significa la construcción de una visión de las ciencias de la naturaleza, sus objetivos y limitaciones con cierta comprensión de las ideas científicas más destacadas para participar críticamente en asuntos sociales que involucran a las ciencias (Jenkins, 1994; Osborne, Erduran y Simon, 2004).

Al respecto, Wang y Buck (2015) mencionan que la argumentación en ciencia escolar constituiría un aporte notorio a la construcción de una ciudadanía que haga de la educación en ciencias una herramienta de participación, es decir que cuente con las oportunidades de construcción de conocimiento y habilidades propias de la ciencia escolar que a su vez le permita decidir de manera crítica. Esta reflexión no persigue reducir la alfabetización científica a la argumentación en ciencias, pues se trata de una meta educativa compleja en donde interviene la articulación de perspectivas teóricas y prácticas en torno a la educación multicultural y educación para la ciudadanía. En el siguiente extracto, Adúriz-Bravo (2014) ilustra los aportes de la argumentación para el fomento de la alfabetización científica:

Al considerar la educación científica como herramienta de alfabetización científica y educación ciudadana, se sugiere que los estudiantes necesitan recurrir a la argumentación para participar con el fin de abordar la toma de decisiones y participar en debates socio-científicos similares a los que se encontrarán en su vida adulta (Adúriz-Bravo, 2014, p. 1446).

Adicionalmente, en esta revisión se identificaron los textos de Cavagnetto y Hand (2012) y Osborne, Erduran y Simon (2004) sobre la incorporación de la argumentación en la clase de ciencias; estos pueden ser convenientes en la preparación de profesores de ciencias ya que ofrecen evidencia empírica adecuada para reconocer que la alfabetización científica va más allá de literalmente hablar y escribir en ciencias, por el contrario, se trata de construir una comprensión global de las ciencias; en esta tarea la argumentación resulta crucial para formar ciudadanos que hagan uso de las ciencias en la toma de decisiones informadas.

3.3. FORMULACIÓN DEL TERCER ESTADIO: ¿CÓMO FOMENTAR LA ARGUMENTACIÓN EN CLASE DE CIENCIAS?

Bullock (2015) sostiene que los profesores de ciencias necesitan saber cómo potenciar habilidades de pensamiento. La respuesta a la pregunta que dinamiza el Tercer estadio: ¿Cómo fomentar la argumentación en clase de ciencias?, más que ordenar una receta de pasos a seguir para promover la argumentación en clase de ciencias y encasillar a los profesores en formación inicial y avanzada, la salida que se sugiere en este apartado pretende aludir a elementos claves que han sido resultado de las investigaciones consignadas en la literatura rastreada y examinada.

En este artículo se sugiere que los escenarios argumentativos (Figura 2) son una alternativa para el fomento de la argumentación en clase de ciencias. Este tipo de escenarios son un grupo de actividades y dinámicas que provocan la argumentación (mediante preguntas abiertas) y la interacción de los participantes en clase de ciencias (aquí el profesor también es un participante). El propósito de los escenarios argumentativos es propiciar la construcción y comunicación de puntos de vista y contra argumentar posturas emergentes. La afirmación anterior deja claro que no se trata de una actividad esporádica y ocurrente que se impone al profesor y/o los estudiantes. Diseñar, adaptar e implementar escenarios argumentativos para la educación en ciencias es una de las dificultades manifestadas recurrentemente por los profesores de ciencias, entre las razones se sitúa su escasa preparación acerca de cómo propiciar este tipo de espacios educativos (Xie y So, 2012; Simon et al., 2003, 2006; Simon y Johnson, 2008).

La escritura argumentativa, los debates socio-científicos y las controversias históricas de las ciencias son tres posibilidades de escenarios argumentativos que han mostrado resultados promisorios por parte de los estudios detectados en esta revisión.

a) Escritura argumentativa

Cervetti, Barber, Dorph, Pearson y Goldschmidt (2012) llaman la atención sobre el hecho que las pocas oportunidades que los estudiantes encuentran en clase de ciencias para enriquecer sus habilidades argumentativas, son consumidas por la argumentación de tipo oral, con lo cual la producción de escritos argumentativos pareciera ser una gran deuda de la clase de ciencias. Bajo esta postura es necesario que en los diseños de clase los profesores de ciencias procuren asignar similar importancia a la argumentación oral y escrita.

Las investigaciones de Hand y Prain (2012) y Yerrick, Liuzzo y Brutt-Griffel (2012) enfatizan en el rol del profesor para propiciar espacios de escritura argumentativa. En esta misma línea se encuentra Kelly (2007, 2014) y Kelly, Regev y Prothero (2007), quienes han confirmado las bondades de la argumentación escrita para la educación en ciencias, entre las que se encuentra el fomento de actitudes favorables hacia la construcción de aprendizajes sustanciales. No obstante, “las visiones de los estudiantes acerca de la escritura en el contexto de escribir-para-aprender no ha recibido mucha atención” (Levin y Wagner, 2006, p. 229). Declarada esta situación, es prudente mencionar cinco aspectos a considerar en la elaboración de escenarios de escritura argumentativa, a saber:

- Los estudiantes deben contar con una fundamentación en la elaboración de textos argumentativos. Para ello, se aconseja que el profesor de ciencias de la naturaleza trabaje en equipo con el profesor de ciencias del lenguaje (Cervetti et al., 2012).
- Es importante proponer a los estudiantes temas de escritura argumentativa que giren en torno a una pregunta abierta, que a su vez, incite la construcción de una postura sustentada a través del escrito. En esta labor el rol del profesor es

crucial para asistir a los estudiantes en el uso de las ciencias en la elaboración de argumentos (Kelly, 2007, 2014; Kelly, Regev y Prothero, 2007).

- Recientemente los estudios liderados por Matuk (2015) y Tsai (2015) han mostrado resultados considerables en el uso de escenarios argumentativos virtuales. Dicho esto, la escritura argumentativa también puede tener lugar con una explotación estratégica de las tecnologías informáticas de la comunicación.
- Es imperativo que el profesor ofrezca una retroalimentación de los escritos argumentativos, lo cual demanda invertir tiempo en la lectura de los manuscritos y la realización de comentarios por parte del profesor (Levin y Wagner, 2006). Se sugiere que en la revisión de los escritos prime el uso racional de las ciencias y la construcción de una postura personal sustentada como indicadores del progreso de los estudiantes (Hand y Prain, 2012).
- Se recomienda permitir que los estudiantes lean y comenten los escritos de sus pares. Esta práctica ha mostrado que favorece la elaboración de contraargumentos, el interés y la motivación (Kelly, Regev y Prothero, 2007; Yerrick, Liuzzo y Brutt-Griffll, 2012). En esta línea Caro (2015) muestra las ventajas del *comentario de texto* como herramienta en la promoción de la argumentación. Simultáneamente, el profesor debe acompañar a los estudiantes en la formación del respeto hacia las ideas de los demás.

b) Debates socio-científicos

En esta revisión de literatura se hallaron estudios que sitúan a los debates socio-científicos (también la literatura utiliza el termino situaciones socio-científicas) como escenarios argumentativos. Para Sadler (2011) este tipo de debates están animados por “problemas abiertos sin soluciones evidentes; de hecho, tienden a tener múltiples soluciones plausibles. Estas soluciones puede estar fundamentadas por

principios científicos, teorías y datos, pero las soluciones no se puede determinar totalmente por consideraciones científicas” (p. 4).

En concreto, la investigación de Simon et al. (2003) revela sustentos notables que sugieren el uso de debates socio-científicos en la promoción de la argumentación, ya que “opciones tales como, los alimentos que consumimos y las vacunas que aplicamos a nuestros niños están orientadas por el modo cómo entendemos y evaluamos argumentos científicos” (pp. 199-200). Las obras editadas por Sadler (2011) y Zeidler (2003) convendrían como material de consulta rigurosa y minuciosa en la formación de profesores de ciencias que promuevan la argumentación, allí se comunican las experiencias de diversas comunidades de aprendizaje en el diseño, aplicación y evaluación de escenarios argumentativos en áreas de conocimiento como biología, física y química, que se articulan a otros campos del saber para abordar problemáticas relacionadas con ciencia y religión (Dawson, 2011), razonamiento moral en ciencias (Keefer, 2003), dilemas éticos (Loving, Lowy y Martin, 2003), determinismo biológico (Puig y Jiménez-Aleixandre, 2011), cambio climático (Sadler, Klosterman y Topcu, 2011), entre otras.

La concentración de los currículos en la mera adquisición de contenidos conceptuales genera que los profesores de ciencias consideren que orientar debates socio-científicos es perder tiempo valioso (Puig y Jiménez-Aleixandre, 2011, Sadler, Klosterman y Topcu, 2011). Esta barrera podría superarse -en parte- si desde la preparación de profesores de ciencias se brindan espacios de formación que les permita reevaluar la imagen de la argumentación (Primer estadio: ¿qué es argumentar en ciencias?) y reconocer sus beneficios (Segundo estadio: ¿Para qué promover la argumentación en ciencia escolar?).

c) *Controversias históricas de las ciencias*

De los tres escenarios argumentativos aconsejados para fomentar la argumentación en clase de ciencias (Figura 2), el uso de controversias históricas de las ciencias presenta menos desarrollo (Zemplén, 2011). Sin embargo, durante la realización de esta revisión se identificó que en el reciente “International handbook of research in history, philosophy and science teaching”, una de las novedades se refiere a las discusiones que permitirían concretizar, desde visiones teóricas y prácticas, las relaciones de cooperación entre la naturaleza de las ciencias y la argumentación en la educación en ciencias (Adúriz-Bravo, 2014; Gericke y Smith, 2014; Hodson, 2014).

Dicha cooperación se identifica en la enseñanza de las ciencias a través de controversias históricas (de Hosson, 2011; de Hosson y Kaminski, 2007), sumada a la “exploración de las relaciones entre la toma de decisiones informadas dirigidas a situaciones socio-científicas y la manifestación de posiciones informadas sobre la naturaleza de las ciencias” (Abd-El-Khalick, 2003, p. 42). El estudio de esta articulación podría ser valioso en procesos de formación de profesores de ciencias que promuevan la argumentación, en el entendido que “la historia de las ciencias –con sus propias promesas y aceptación gradual en un número de currículos de ciencias- puede unir fuerzas con el propósito de fomentar la argumentación” (Zemplén, 2011, p. 137).

El obstáculo más notorio de este tipo de escenarios reside en el desconocimiento de algunos profesores de ciencias acerca de la historia de las ciencias (Hodson, 2014). Esta dificultad resultaría impensable pues desde 1950 se han realizado esfuerzos para incorporar la historia de las ciencias en la formación de profesores (Russell, 1981). En efecto, al uso de controversias históricas de las ciencias para fomentar la argumentación en clase de ciencias le esperan retos mayores, toda vez que Erduran y Jiménez-Aleixandre (2012) señalan que los estudios

relacionados con la argumentación y la educación en ciencias son “relativamente jóvenes” (p. 254), para estas autoras sus inicios se remontan a 1990. Dicho de otro modo, “la formación de profesores acerca de la argumentación es un campo emergente y por lo tanto aún hay mucho trabajo por hacer” (Zohar, 2007, p. 265). González y Sanz (2014) han reflexionado en torno a la importancia de las reformas educativas y los impactos esperados en la formación del profesorado. Allí, la incorporación de la argumentación como contenido de formación ofrecería contribuciones valiosas para potenciar la preparación de estos profesionales de la educación.

4. REFLEXIONES FINALES

En este estudio se efectuó una revisión de literatura entre los años 2000 y 2015. Luego de consultar 16 revistas, 12 libros, 6 handbooks y una enciclopedia especializada en educación en ciencias, se identificaron 81 publicaciones científicas útiles para contestar la pregunta: ¿Cómo formar profesores de ciencias que promuevan la argumentación? En respuesta, la literatura indica que se puede formar profesores de ciencias que promuevan la argumentación a través de tres estadios concretizados en tres preguntas, a saber: ¿Qué es argumentar en ciencias? (Primer estadio), ¿Para qué promover la argumentación en ciencia escolar? (Segundo estadio) y ¿Cómo fomentar la argumentación en clase de ciencias? (Tercer estadio).

Los hallazgos de esta revisión son concluyentes en recomendar a los programas dedicados a la preparación de profesores de ciencias, la incorporación de la argumentación como un contenido de formación. Para ello, es imperativo que los profesores a través de sus procesos de formación (inicial y continuada) logren construir comprensiones alrededor de la pregunta que dinamiza cada uno de los tres

estudios. En los resultados de la revisión se precisa y aconseja bibliografía reciente que puede ser empleada por los programas de formación.

El Primer estadio (¿Qué es argumentar en ciencias?) atiende necesidades de fundamentación teórica en argumentación desde las ciencias del lenguaje y sus relaciones con la argumentación en ciencias y la argumentación en ciencia escolar. Este estadio emerge de los resultados comunicados por Archila (2014b), Erduran et al. (2006), Sadler (2006), Simon et al. (2003), Weinberger y Zohar (2000) y Xie y So (2012), quienes llaman la atención sobre las falencias de conocimiento de los profesores de ciencias acerca de la argumentación.

Respecto al Segundo estadio (¿Para qué promover la argumentación en ciencia escolar?), recientes adelantos en investigación confirman que se debe fomentar la argumentación en ciencia escolar para enriquecer las habilidades cognitivo-lingüísticas (Adúriz-Bravo et al., 2005; Aragón, 2007; Archila, 2013), el pensamiento crítico (Bailin, 2002; Jiménez-Aleixandre y Puig, 2012) y la alfabetización científica de los estudiantes (Cavagnetto y Hand, 2012; Osborne, Erduran y Simon, 2004). Este estadio es crucial, ya que su propósito es conseguir que los profesores en formación hallen sentido a involucrar la argumentación en sus prácticas escolares.

El último estadio atiende la pregunta ¿Cómo fomentar la argumentación en clase de ciencias? Resultados de estudios actuales sugieren a los escenarios argumentativos como una alternativa promisorio en la potenciación de la argumentación en clase de ciencias. En detalle, esta revisión identificó literatura que puede contribuir en el diseño, aplicación y evaluación de grupos de actividades y dinámicas que propicien la valoración y el uso de pruebas (evidencias) por medio de escritura argumentativa (Hand y Prain, 2012; Kelly, 2014; Yerrick, Liuzzo y Brutt-Griff, 2012), debates socio-científicos (Sadler, 2011; Zeidler, 2003) y exploración de

controversias históricas de las ciencias (de Hosson, 2011; de Hosson y Kaminski, 2007).

Finalmente, el hecho coyuntural que los tres estadios tratados en este artículo resulten de los desarrollos actuales en investigación en didáctica de las ciencias, hace que puedan ser incluidos en programas de formación continuada y avanzada de profesores de ciencias. Cada estadio se dedica a responder una pregunta central, esta flexibilidad facilita la independencia de los programas para adaptar los tres estadios según las necesidades, los propósitos y las expectativas de formación.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abd-El-Khalick, F. (2003). Socioscientific issues in pre-college science classrooms: the primacy of learners' epistemological orientations and views of nature of science. En D. L. Zeidler. (Ed.). *The role of moral reasoning in socioscientific issues and discourse in science education* (pp. 63–61). Dordrecht: Kluwer.
- Adúriz-Bravo, A. (2014). Revisiting school scientific argumentation from the perspective of the history and philosophy of science. En M. R. Matthews. (Ed.). *International handbook of research in history, philosophy and science teaching* (pp. 1443-1472). Dordrecht: Springer.
- Adúriz-Bravo, A., Bonan, L., Galli, L. G., Chion, A. L., y Meinardi, E. (2005). Scientific argumentation in pre-service biology teacher education. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 1, 76–83.
- Al-Weher, M., y Abu-Jaber, M. (2007). The effectiveness of teacher preparation programs in Jordan: a case study. En T. Townsend., y R. Bates. (Eds.). *Handbook of teacher education* (pp. 241-265). Dordrecht: Springer.

Anscombe, J.-C., y Ducrot, O. (1983). *L'Argumentation dans la langue*. Bruxelles: Mardaga.

Aragón, M. M. (2007). Las ciencias experimentales y la enseñanza bilingüe. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 4(1), 152-175.

Archila, P. A. (2012). La investigación en argumentación y sus implicaciones en la formación inicial de profesores de ciencias. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 9(3), 361-375.

Archila, P. A. (2013). La Argumentación y sus aportes a la enseñanza bilingüe de las ciencias. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 10(3), 406-423.

Archila, P. A. (2014a). Are science teachers prepared to promote argumentation? A case study with pre-service teachers in Bogotá city. *Asia-Pacific Forum on Science Learning and Teaching*, 15(1), 1-21.

Archila, P. A. (2014b). La argumentación de profesores de química en formación inicial (práctica profesional docente II): un estudio de caso en Colombia. *Enseñanza de las Ciencias*, 32(3), 705-706.

Bailin, S. (2002). Critical thinking and science education. *Science & Education*, 11(4), 361-375.

Blanco, P., y Díaz de Bustamante, J. (2014). Argumentación y uso de pruebas: realización de inferencias sobre una secuencia de icnitas. *Enseñanza de las Ciencias*, 32(2), 35-52.

Bullock, S. M. (2015). Teacher educator as learner. En R. Gunstone. (Ed.). *Encyclopedia of science education* (pp. 1023-1025). Dordrecht: Springer.

- Buty, C., y Plantin, C. (2008). L'argumentation à l'épreuve de l'enseignement des sciences et vice-versa. En C. Buty., y C. Plantin. (Eds.). *Argumenter en classe de sciences : du débat à l'apprentissage* (pp. 17–42). Paris: Institut national de recherche pédagogique.
- Caro, M. T. (2015). El desarrollo dialógico de la argumentación informal en el comentario de texto. *Revista Currículum y Formación del Profesorado*, 19(1), 436-451.
- Cavagnetto, A., y Hand, B. (2012). The importance of embedding argument within science classrooms. En M. S. Khine. (Ed.). *Perspectives on scientific argumentation: theory, practice and research* (pp. 39-53). Dordrecht: Springer.
- Cervetti, G. N., Barber, J., Dorph, R., Pearson, P. D., y Goldschmidt, P. G. (2012). The impact of an integrated approach to science and literacy in elementary school classrooms. *Journal of Research in Science Teaching*, 49(5), 631-658.
- Cetin, P. S., Dogan, N., y Kutluca, A. Y. (2014). The quality of pre-service science teachers' argumentation: influence of content knowledge. *Journal of Science Teacher Education*, 25(3), 309-331.
- Dawson, V. M. (2011). A case study of the impact of introducing socio-scientific issues into a reproduction unit in a catholic girls' school. En T. D. Sadler. (Ed.). *Socio-scientific issues in the classroom: teaching, learning and research* (pp. 313–345). New York: Springer.
- de Hosson, C. (2011). Una controversia histórica al servicio de una situación de aprendizaje: una reconstrucción didáctica basada en diálogo sobre los dos máximos sistemas del mundo de Galileo. *Enseñanza de las ciencias*, 29(1), 115-126.

- de Hosson, C., y Kaminski, W. (2007). Historical controversy as an educational tool: evaluating elements of a teaching-learning sequence conducted with the text “Dialogue on the ways that vision operates”. *International Journal of Science Education*, 29(5), 617-642.
- Ducrot, O. (1972). *Dire et ne pas dire. Principes de sémantique linguistique*. Paris: Hermann.
- Ennis, R. H. (1985). The logical basis for measuring CT skills. *Educational Leadership*, 43(2), 44–48.
- Erduran, S. (2006). Promoting ideas, evidence and argument in initial teacher training. *School Science Review*, 87(321), 45-50.
- Erduran, S., y Jiménez-Aleixandre, M. P. (2007). Argumentation in science education: an overview. En S. Erduran., y M. P. Jiménez-Aleixandre. (Eds.). *Argumentation in science education: perspectives from classroom-based research* (pp. 3-27). New York: Springer.
- Erduran, S., y Jiménez-Aleixandre, M. P. (2012). Research on argumentation in science education in Europe. En D. Jorde., y J. Dillon. (Eds.). *Science education research and practice in Europe: retrospective and prospective* (pp. 253–289). Rotterdam: Sense Publishers.
- Erduran, S., Ardac, D., y Yakmaci-Guzel, B. (2006). Learning to teach argumentation: case studies of pre-service secondary science teachers. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 2(2), 1-14.
- Erduran, S., Ozdem, Y., y Park, J.-Y. (2015). Research trends on argumentation in science education: a journal content analysis from 1998–2014. *International Journal of STEM Education*, 2(5), 1-12.

- Ford, C. L., y Yore, L. D. (2012). Toward convergence of metacognition, reflection, and critical thinking: illustrations from natural and social sciences teacher education and classroom practice. En A. Zohar., y J. Dori. (Eds.). *Metacognition in science education: trends in current research* (pp. 251–271). Dordrecht: Springer.
- Gericke, N. M., y Smith, M. U. (2014). Twenty-first-century genetics and genomics: contributions of HPS-informed research and pedagogy. En M. R. Matthews. (Ed.). *International handbook of research in history, philosophy and science teaching* (pp. 423-467). Dordrecht: Springer.
- González, A., y Sanz, R. (2014). De la relevancia de las reformas educativas en la evolución de la formación del profesorado de educación secundaria. *Revista Currículum y Formación del Profesorado*, 18(1), 367-381.
- Grize, J.-B. (1982). *De la logique à l'argumentation*. Genève: Droz.
- Hand, B., y Prain, V. (2012). Writing as a learning tool in science: lessons learnt and future agendas. En B. J. Fraser., K. G. Tobin., y C. J. McRobbie. (Eds.). *Second international handbook of science education* (pp. 1375-1384). Dordrecht: Springer.
- Henao, B. L., y Stipcich, M. S. (2008). Educación en ciencias y argumentación: la perspectiva de Toulmin como posible respuesta a las demandas y desafíos contemporáneos para la enseñanza de las ciencias experimentales. *Revista Electronica de Enseñanza de las Ciencias*, 7(1), 47-62.
- Hodson, D. (2014). Nature of science in the science curriculum: origin, development, implications and shifting emphases. En M. R. Matthews. (Ed.). *International handbook of research in history, philosophy and science teaching* (pp. 911-970). Dordrecht: Springer.

- Jiménez-Aleixandre, M. P., y Díaz de Bustamante, J. (2003). Discurso de aula y argumentación en la clase de ciencias: cuestiones teóricas y metodológicas. *Enseñanza de las Ciencias*, 21(3), 359-370.
- Jiménez-Aleixandre, M. P., y Erduran, S. (2015). Argumentation. En R. Gunstone. (Ed.). *Encyclopedia of science education* (pp. 54-59). Dordrecht: Springer.
- Jiménez-Aleixandre, M. P., y Puig, B. (2012). Argumentation, evidence evaluation and critical thinking. En B. J. Fraser., K. G. Tobin., y C. J. McRobbie. (Eds.). *Second international handbook of science education* (pp. 1001-1015). Dordrecht: Springer.
- Jorba, J., Gómez, I., y Prat, A. (2000). *Uso de la lengua en situación de enseñanza aprendizaje desde las áreas curriculares*. Madrid: Síntesis.
- Keefer, M. (2003). Moral reasoning and case-based approaches to ethical instruction in science. En D. L. Zeidler. (Ed.). *The role of moral reasoning in socioscientific issues and discourse in science education* (pp. 241–259). Dordrecht: Kluwer.
- Keeves, J. P., y Darmawan, I. G. N. (2009). Science teaching. In L. J. Saha., y A. G. Dworkin. (Eds.). *International handbook of research on teachers and teaching* (pp. 975-1000). New York: Springer.
- Kelly, G. J. (2007). Discourse in science classrooms. En S. K. Abell., y N. G. Lederman. (Eds.). *Handbook of research on science education* (pp. 443-469). Mahwah: Lawrence Erlbaum Associates.
- Kelly, G. J. (2014). Discourse practices in science learning and teaching. En N. G. Lederman., y S. K. Abell. (eds.). *Handbook of research on science education, volume 2* (pp. 321-336). Mahwah: Lawrence Erlbaum Associates.

- Kelly, G. J., Regev, J., y Prothero, W. (2007). Analysis of lines of reasoning in written argumentation. En S. Erduran., y M. P. Jiménez-Aleixandre. (Eds.). *Argumentation in science education: perspectives from classroom-based research* (pp. 137-158). New York: Springer.
- Kim, S., y Hand, B. (2015). An analysis of argumentation discourse patterns in elementary teachers' science classroom discussions. *Journal of Science Teacher Education*, 26(3), 221-236.
- Larrain, A., Freire, P., y Howe, C. (2014). Science teaching and argumentation: one-sided versus dialectical argumentation in Chilean middle-school science lessons. *International Journal of Science Education*, 36(6), 1017-1036.
- Lee, M. H., Wu, Y. T., y Tsai, C. C. (2009). Research trends in science education from 2003 to 2007: a content analysis of publications in selected journals. *International Journal of Science Education*, 31(15), 1999–2020.
- Levin, T., y Wagner, T. (2006). In their own words: understanding student conceptions of writing through their spontaneous metaphors in the science classroom. *Instructional Science*, 34(3), 227–278.
- Lin, S.-S. (2014). Science and non-science undergraduate students' critical thinking and argumentation performance in reading a science news report. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 12(5), 1023-1046.
- Lin, T.-C., Lin, T.-J., y Tsai, C.-C. (2014). Research trends in science education from 2008 to 2012: a systematic content analysis of publications in selected journals. *International Journal of Science Education*, 36(8), 1346-1372.
- Loving, C. C., Lowy, S. W., y Martin, C. (2003). Recognizing and solving ethical dilemmas in diverse science classrooms. En D. L. Zeidler. (Ed.). *The role of moral reasoning*

¿Cómo formar profesores de ciencias que promuevan la argumentación?: Lo que sugieren avances actuales de investigación

in socioscientific issues and discourse in science education (pp. 183–194).
Dordrecht: Kluwer.

Matuk, C. (2015). Argumentation environments. En R. Gunstone. (Ed.). *Encyclopedia of science education* (pp. 59-63). Dordrecht: Springer.

McNeill, K., y Knight, A. (2013). Teachers' pedagogical content knowledge of scientific argumentation: the impact of professional development on K–12 teachers. *Science Education*, 97(6), 936-972.

Nielsen, J. A. (2012). Science in discussions: an analysis of the use of science content in socioscientific discussions. *Science Education*, 96(3), 428-456.

Osborne, J. (2012). The role of argument: learning how to learn in school science. En B. J. Fraser., K. G. Tobin., y C. J. McRobbie. (Eds.). *Second international handbook of science education* (pp. 933-949). Dordrecht: Springer.

Osborne, J., Erduran, S., y Simon, S. (2004). Enhancing the quality of argument in school science. *Journal of Research in Science Teaching*, 41(10), 994-1020.

Ozdem, Y., Ertepinar, H., Cakiroglu, J., y Erduran, S. (2013). The nature of pre-service science teachers' argumentation in inquiry-oriented laboratory context. *International Journal of Science Education*, 35(15), 2559-2586.

Perelman, C., y Olbrechts-Tyteca, L. (1958). *Tratado de la argumentación*. Bruxelles: Editions de l'Universite de Bruxelles.

Plane, S., Isidore-Prigent, J., y Rebière, M. (2004). Le discours argumentatif envisagé en tant que produit langagier. En J. Douaire. (Ed.). *Argumentation et disciplines scolaires* (23-43). Lyon: Institut national de recherche pédagogique.

- Plantin, C. (2012). *La argumentación: historia, teorías, perspectivas*. Buenos Aires: Biblos.
- Puig, B., y Jiménez-Aleixandre, M. P. (2011). Different music to the same score: teaching about genes, environment, and human performances. En T. D. Sadler. (Ed.). *Socio-scientific issues in the classroom: teaching, learning and research* (pp. 201–238). New York: Springer.
- Revel, C., Couló, A., Erduran, S., Furman, M., Iglesia, P., y Adúriz-Bravo, A. (2005). Estudios sobre la enseñanza de la argumentación científica escolar. *Enseñanza de las Ciencias, número extra*. VII Congreso, Sección 4.1, 1-5.
- Rigotti, E., y Greco Morasso, S. (2009). Argumentation as an object of interest and as a social and cultural resource. En N. Muller., y A.-N. Perret-Clermont. (Eds.). *Argumentation and education: theoretical foundations and practices* (pp. 9-66). New York: Springer.
- Ruiz, F., Márquez, C., y Tamayo, O. (2014). Cambio en las concepciones de los docentes sobre la argumentación y su desarrollo en clase de ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, 32(3), 53-70.
- Russell, T. L. (1981). What history of science, how much, and why? *Science Education*, 65(1), 51–64.
- Sadler, T. D. (2006). Promoting discourse and argumentation in science teacher education. *Journal of Science Teacher Education*, 17(4), 323-346.
- Sadler, T. D. (Ed.). (2011). *Socio-scientific issues in the classroom: teaching, learning and research*. New York: Springer.

- Sadler, T. D., Klosterman, M. L., y Topcu, M. S. (2011). Learning science content and socio-scientific reasoning through classroom explorations of global climate change. En T. D. Sadler. (Ed.). *Socio-scientific issues in the classroom: teaching, learning and research* (pp. 45–77). New York: Springer.
- Sampson, V., y Blanchard, M. R. (2012). Science teachers and scientific argumentation: trends in views and practice. *Journal of Research in Science Teaching*, 49(9), 1122-1148.
- Sandoval, W. A., y Millwood, K. A. (2007). What can argumentation tell us about epistemology. En S. Erduran y M. P. Jiménez-Aleixandre. (Eds.). *Argumentation in science education: perspectives from classroom-based research*. (pp. 71–88). New York: Springer.
- Simon, S., Erduran, S., y Osborne, J. (2003). Systematic teacher development to enhance the use of argumentation in school science activities. En J. Wallace., y J. Loughran (Eds.). *Leadership and professional development in science education. New possibilities for enhancing teacher learning* (pp. 198–217). London: RoutledgeFalmer.
- Simon, S., Erduran, S., y Osborne, J. (2006). Learning to teach argumentation: research and development in the science classroom. *International Journal of Science Education*, 28(2-3), 235-260.
- Simon, S., y Johnson, S. (2008). Professional learning portfolios for argumentation in school science. *International Journal of Science Education*, 30(5), 669-688
- Solbes, J. (2013a). Contribución de las cuestiones sociocientíficas al desarrollo del pensamiento crítico (I): introducción. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 10(1), 1-10.

- Solbes, J. (2013b). Contribución de las cuestiones sociocientíficas al desarrollo del pensamiento crítico (II): ejemplos. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 10(2), 171-181.
- Stipcich, M. S., Islas, M., y Domínguez, A. (2006). El lugar de la argumentación en la formación de profesores de ciencias. *Revista chilena de educación científica*, 6(1), 67-74.
- Tiberghien, A. (2007). Prefacio. En S. Erduran., y M. P. Jiménez-Aleixandre. (Eds.). *Argumentation in science education: perspectives from classroom-based research* (pp. ix-xv). New York: Springer.
- Toulmin, S. (1958). *The uses of argument*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Tsai, C.-C., y Wen, L. M. C. (2005). Research and trends in science education from 1998 to 2002: A content analysis of publication in selected journals. *International Journal of Science Education*, 27(1), 3-14.
- Tsai, C.-Y. (2015). Improving students' PISA scientific competencies through online argumentation. *International Journal of Science Education*, 37(2), 321-339.
- van Eemeren, F. H., y Grootendorst, R. (1996). *La nouvelle dialectique*. Paris: Kimé.
- Wang, J., & Buck, G. (2015). The relationship between Chinese students' subject matter knowledge and argumentation pedagogy. *International Journal of Science Education*, 37(2), 340-366.
- Weinberger, Y., y Zohar, A. (2000). Higher order thinking in science teacher education in Israel. En S. K. Abell. (Ed.). *Science teacher education: an international perspective* (pp. 95–119). Dordrecht: Kluwer.

- Xie, Q., y So, W. (2012). Understanding and practice of argumentation: a pilot study with Mainland Chinese pre-service teachers in secondary science classrooms. *Asia-Pacific Forum on Science Learning and Teaching*, 13(2), 1-20.
- Yerrick, R. K., Liuzzo, A. M., y Brutt-Griffi, J. (2012). Building common language, experiences, and learning spaces with lower-track science students. En B. J. Fraser., K. G. Tobin., y C. J. McRobbie. (Eds.). *Second international handbook of science education* (pp. 1419-1434). Dordrecht: Springer.
- Zeidler, D. L. (Ed.). (2003). *The role of moral reasoning in socioscientific issues and discourse in science education*. Dordrecht: Kluwer.
- Zemal-Saul, C. (2009). Learning to teach elementary school science as argument. *Science Education*, 93(4), 687–719.
- Zemplén, G. A. (2007). Conflicting agendas: critical thinking versus science education in the international baccalaureate theory of knowledge course. *Science & Education*, 16(2), 167–196.
- Zemplén, G. (2011). History of science and argumentation in science education. Joining forces? En P. V. Kokkotas., K. S. Malamitsa., y A. A. Rizaki. (Eds.). *Adapting historical knowledge production to the classroom* (pp. 129-140). Rotterdam: Sense Publishers.
- Zohar, A. (2007). Science teacher education and professional development. En S. Erduran., y M. P. Jiménez-Aleixandre. (Eds.). *Argumentation in science education: perspectives from classroom-based research* (pp. 245-268). New York: Springer.
- Zoller, U., y Nahum, T. L. (2012). From teaching to know to learning to think in science education. En B. J. Fraser., K. G. Tobin., y C. J. McRobbie. (Eds.). *Second international handbook of science education* (pp. 209-229). Dordrecht: Springer.