

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

Berta Lucila Henao¹ y Maria Silvia Stipcich²

¹Universidad de Antioquia. Colombia. GECEM. Estudiante del PIDECE E-mail: belucila@ayura.udea.co

²Universidad Nacional del Centro de la Pcia. de Buenos Aires. Argentina. E-mail: sstipci@exa.unicen.edu.ar

Resumen: En relación con los propósitos actuales de la educación en ciencias, se destaca en este escrito el valor y la pertinencia del “aprendizaje como argumentación”, una línea de investigación actual y altamente promisoría en este campo de saber. Asimismo se señalan, en relación con dicha línea, algunas de las contribuciones de la propuesta filosófica de Stephen Toulmin y el valor intrínseco de sus ideas como fundamentación epistemológica para las propuestas de investigación e innovación en la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias en siglo XXI.

Palabras clave: Argumentación, modelo argumentativo de Toulmin, procesos epistémicos, asuntos sociocientíficos.

Title: Science Education and argumentation: The Toulmin's perspective as possible answers to contemporary requirements and challenge for teaching of science.

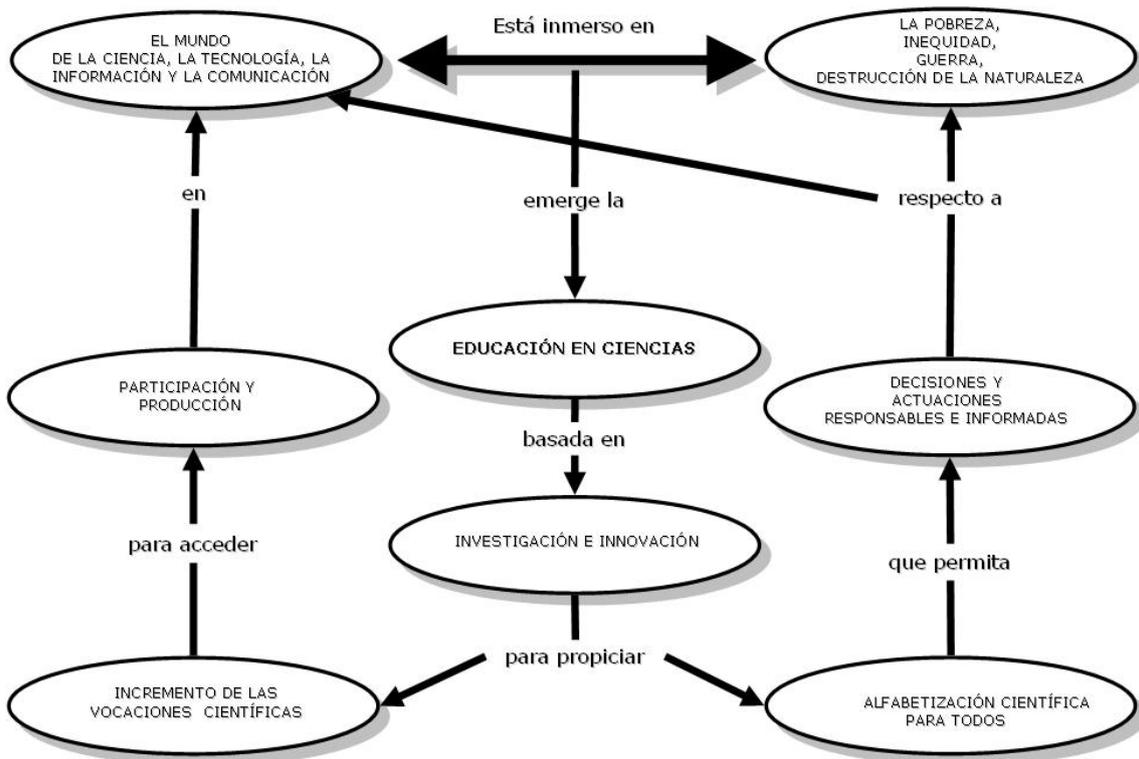
Abstract: Value and pertinence of “learning as argumentation” are treated in this article in relation with today's objectives of Science Education. The topic is framed within a contemporary line of research highly promissory in this field of knowledge. Also in relation with this line of research, Stephen Toulmin's philosophical contributions are mentioned, as well as the deep value of his ideas as the epistemological basis for research and innovation proposals in Science Teaching and Learning in the 21st century.

Keywords: Argumentation, Toulmin's Model of Argument, epistemic process, socioscientific issues.

La educación en ciencias: propósitos y perspectivas

La Educación en Ciencias, o Didáctica de las Ciencias Experimentales, desde hace aproximadamente tres décadas se perfila como un saber que, con base en los conocimientos que devienen, entre otras fuentes, de las ciencias cognitivas, la historia y la epistemología de las ciencias, los estudios antropológicos sobre la construcción de conocimiento científico, las investigaciones del campo de la lingüística, así como del conocimiento práctico de los profesores, busca comprender los procesos de enseñanza y

aprendizaje, y fundamentar su innovación y cualificación, tal como es representado en el esquema 1.



Esquema 1.- Pertinencia y propósitos de la Educación en Ciencias.

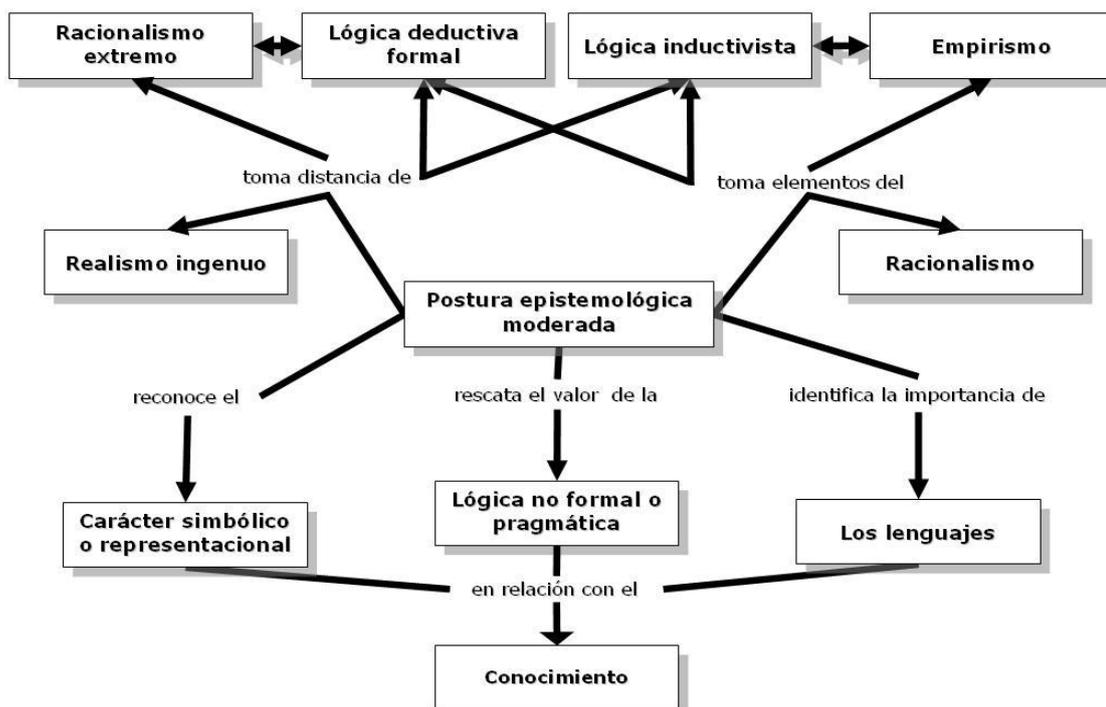
Es posible decir que, al consenso generalizado y actual, en relación con los ideales de la investigación en educación en ciencias, le son subyacentes posturas epistemológicas explícitas en las que, grosso modo, pueden ser identificados los siguientes aspectos: el primero, apartándose de visiones empiristas, se refiere al carácter eminentemente representacional, es decir, simbólico y cultural del conocimiento; el segundo, contra posturas racionalistas, hace alusión a que nuestras formas de razonamiento no adhieren necesariamente a los cánones de la lógica formal¹; el tercero, intrínsecamente ligado con los anteriores, tiene que ver con la importancia de los lenguajes y, especialmente, de la argumentación² en la construcción, justificación y valoración del conocimiento. Posturas epistemológicas que se pueden inscribir en un nivel de moderadas (Adúriz-Bravo, 2005; Izquierdo y Adúriz-Bravo, 2003), en tanto configuran una imagen de las ciencias que permite destacar sus aspectos sociales y humanos, sin perder de vista los cánones que las rigen, sus logros y sus limitaciones, tal como sugiere el esquema 2.

En relación con lo anterior, desde finales de la década del noventa y en lo que ha trascurrido de este siglo, es posible identificar en la didáctica de las

¹En este presupuesto coinciden las ciencias cognitivas, por ejemplo, los estudios de Johnson-Laird (1993a, 1993b) y estudios de filosofía de las ciencias como los de Toulmin (1977, 1999, 2003).

²Estudios antropológicos, como los de Latour y Woolgar (1995) y Knorr-Cetina, K. (1995), reivindican el valor de la competencia comunicativa, es decir, de la lectura, la escritura y, específicamente, de argumentación como procesos inherentes a la construcción y justificación del conocimiento científico.

ciencias importantes trabajos que confluyen en una vertiente de investigación caracterizada por dar un reconocimiento especial al papel del lenguaje en la construcción de explicaciones científicas y del conocimiento en general. Coherentes con este reconocimiento, comparten como hipótesis y presupuesto básico, que la argumentación es una importante tarea de orden epistémico y un proceso discursivo por excelencia en las ciencias y, que propiciar la argumentación en la clase permite involucrar a los y las estudiantes en estrategias heurísticas para aprender a razonar, al tiempo que sus argumentos, como externalización del razonamiento, permiten la evaluación y el mejoramiento permanente de los mismos (ver, por ejemplo, Driver, Newton y Osborne, 2000; Jiménez-Aleixandre, 2005; Duschl, Ellenbogen y Erduran, 1999; Jiménez-Aleixandre, Bugallo y Duschl, 2000; Kelly y Takao, 2002; Osborne, Erduran y Simon, 2004; Justi, 2006).

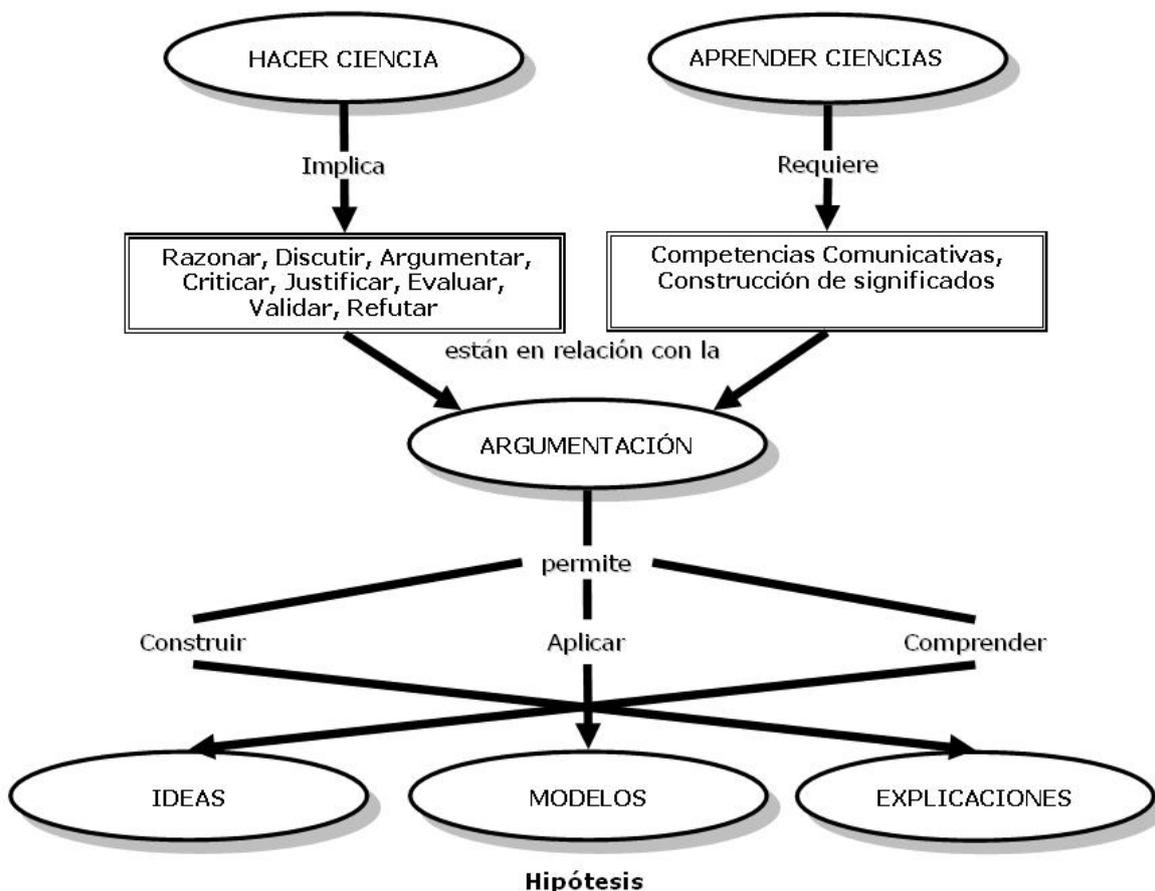


Esquema 2.- Implicaciones de una postura epistemológica moderada.

Desde este punto de vista, cobra relevancia especial la argumentación. De un lado, hacer ciencia implica discutir, razonar, argumentar, criticar y justificar ideas y explicaciones; y, de otro, enseñar y aprender ciencias requiere de estrategias basadas en el lenguaje, es decir, el aprendizaje es un proceso social, en el cual las actividades discursivas son esenciales. Se reconoce aquí una estrecha relación entre las competencias comunicativas y el aprendizaje de los modelos científicos y se arriesga la hipótesis de que a una mejora en dichas competencias corresponde un aprendizaje de mayor calidad; y que aprender a pensar es aprender a argumentar. Esta es la propuesta del esquema 3.

De acuerdo con Jiménez-Aleixandre y Díaz de Bustamante (2003), la perspectiva de investigación del aprendizaje como argumentación complementa los estudios y los aportes logrados por una de las líneas de mayor envergadura y tradición en educación en ciencias, la que centra sus estudios en la comprensión de las relaciones entre las llamadas ideas,

conocimientos o representaciones alternativas y el uso de estrategias de enseñanza y aprendizaje; así mismo, es posible hallar conexiones con la línea de investigación del aprendizaje como cambio conceptual. Del primer caso, dan cuenta los trabajos de Rosalind Driver, Jonathan Osborne, Richard Duschl, entre otros; del segundo, los trabajos realizados por Gregory J. Kelly y su grupo, en la perspectiva sociológica del cambio conceptual³³. Así mismo, se hallan fuertes relaciones entre estos estudios y los que plantean la enseñanza con base en la elaboración de modelos (Justi, 2006) y la enseñanza como desarrollo del pensamiento superior (Zohar, 2006).



una mejora en las competencias comunicativas, se corresponde con un aprendizaje de mayor calidad.

Esquema 3.- La argumentación como competencia básica en la construcción de conocimientos.

En la tarea de comprender los procesos de aprendizaje en el aula y de dar fundamento teórico y metodológico a la investigación y a la innovación en la educación en ciencias, manteniendo como ideales de la educación, la formación para la ciudadanía y la democracia, y el incremento en la vocación e interés por los estudios científicos, esta corriente de investigadores que ha centrado sus indagaciones en el carácter sociocultural del aprendizaje, basa sus procesos de investigación en metodologías de tipo interpretativo, con privilegio de los estudios de caso que se realizan en el

³³ Perspectiva que enfrenta la vieja controversia planteada a Posner y colaboradores, quienes, desde el enfoque del aprendizaje como cambio conceptual, eluden los asuntos sociológicos porque, según ellos, son aspectos relacionados con aquello de lo cual el aprendizaje depende y no con lo que éste es.

aula de clase y no en condiciones de "laboratorio", sin abandonar las estrategias de tipo cuantitativo, cuando así se requiere (Jiménez y Díaz de Bustamante, 2003; Kelly y Takao, 2002; Erduran, Simon y Osborne, 2004; Eirexas, Agraso, Jiménez y Díaz, 2005).

En relación con el devenir de esta perspectiva, denominada por algunos autores "aprendizaje como argumentación", es posible decir que tiene como pionera, en el campo de la educación en ciencias, a Kuhn (1992 y 1993); como precursores, los estudios de los procesos discursivos en el aula de clase, en los cuales se busca la comprensión del aprendizaje a través del análisis de los sistemas de comunicación o del discurso en el aula (por ejemplo, Sutton (1992 y 1997); Cazden (1991) y Hennessey (1991) y, como fuentes, entre otras, las enunciadas por Gregory Kelly y su colaboradores (Kelly y Green, 1998): las teorías interpretativas sobre la construcción de conocimiento, las teorías antropológicas de la cultura, los estudios de interacción sociolingüística del lenguaje en uso y algunas teorías epistemológicas.

En relación con dichas fuentes, es importante reconocer en estos trabajos la presencia explícita o implícita de las ideas de Lev Vigotsky, referente ineludible al hablar de las relaciones entre cultura, conocimiento y lenguaje. Así mismo, se retoman estudios como los de Latour y Woolgar (1995) y Knorr-Cetina, (1995), quienes, con base en sus investigaciones etnográficas en el ámbito de la antropología y la sociología de las ciencias, develan que uno de los principales fines de la investigación científica es la generación y justificación de enunciados. Desde su punto de vista, los científicos no descubren hechos, ellos pasan la mayor parte del tiempo codificando, marcando, corrigiendo, leyendo, escribiendo y discutiendo; es decir, deben persuadir a otros y ser persuadidos de aceptar como hechos, los enunciados que construyen.

La propuesta epistemológica de Stephen Toulmin

En relación con las fuentes epistemológicas, se puede decir que son los trabajos de Stephen Toulmin los de mayor acogida por esta perspectiva de investigación. De acuerdo con la filosofía toulminiana, las ciencias constituyen culturas en permanente transformación: generación de preguntas y problemas, invención de explicaciones, establecimiento de herramientas conceptuales y utilización de elementos tecnológicos; componentes cuyo carácter evolutivo implica igualmente entender la racionalidad como ligada a la flexibilidad intelectual o disponibilidad al cambio. Desde la perspectiva toulminiana, aprender ciencias es apropiarse del acervo cultural, compartir los significados y, al mismo tiempo, tener la capacidad de tomar posturas críticas y cambiar.

En su teoría evolutiva sobre las ciencias, este filósofo señala que, aunque nuestros pensamientos son de índole individual y personal, nuestra herencia lingüística y conceptual, por medio de la cual aquellos se expresan, es propiedad pública (Toulmin, 1977, 1999). En el mismo sentido, considera el devenir de las ciencias como un proceso plural, dinámico y comunal de interacción de teorías explicativas, en el cual la argumentación, como externalización de razonamientos sustantivos, se constituye en la expresión

de una racionalidad local y contingente que permite dichos cambios (Toulmin, 1999, 2003).

En sus más importantes escritos –entre otros: *Los usos de la argumentación*, *La Comprensión Humana* y una de sus más recientes e importantes obras, *Regreso a la Razón* –Toulmin da cuenta, en forma coherente y consistente, de una postura epistemológica moderada en el sentido arriba explicado, postura en la cual subyace como presupuesto fundamental el que está sintetizado en el epígrafe de este texto y de la cual se resalta su llamado a tomar distancia de la lógica formal y de la búsqueda de validez universal, para indagar por los asuntos relacionados con lo relevante, pertinente o atinente al caso (Toulmin, 2003).

Dicho presupuesto muestra una visión dialógica, sustantiva y contextual en relación con el razonamiento y la argumentación. Éste es un enfoque que permite visualizar interacciones entre los aspectos sociológicos y los asuntos de orden individual, en relación con la construcción y negociación de significados, explicaciones y predicciones. La evaluación crítica de las ideas mediante la construcción y aplicación de normas compartidas y consensuadas implica el permanente escrutinio de aquellas afirmaciones, propias y de los interlocutores, que han sido aceptadas provisionalmente (Toulmin, Rieke y Janik, 1979).

En relación con la construcción y evolución de las disciplinas científicas, toma distancia tanto de las posturas subjetivistas y relativistas, como del absolutismo y del racionalismo a ultranza. Plantea que el contenido de una ciencia comprende un repertorio de procedimientos explicativos establecidos y una serie de variantes conceptuales más tentativas, cuyo cambio evolutivo está regido por un consenso general acerca de los criterios de selección de las variantes y de los ideales explicativos que iluminan estos procesos (Toulmin, 1979).

Desde la perspectiva toulminiana, la racionalidad deberá estar menos relacionada con las rígidas estructuras formales que muestran maneras de ordenar conceptos y creencias, que con la disposición a responder a situaciones nuevas con espíritu abierto, reconociendo los problemas y defectos de procedimientos anteriores y superándolos. Esta perspectiva alude, tanto a la formación de intelectuales participantes en la construcción de las disciplinas, como a los aprendices que quizás no tengan la pretensión de ser científicos. En relación con los primeros, el autor considera que la posibilidad de demostrar que se han culturizado en los procedimientos comunales y se han hecho propios los valores intelectuales, implica la posibilidad de aplicar y utilizar conceptos críticamente y sugerir cambios importantes en los modelos explicativos de su respectiva disciplina.

En cualquier caso, la propuesta toulminiana para la educación en ciencias enfatiza que la calidad de los procesos de enseñanza de las ciencias debe estar dirigida, no tanto a la exactitud con que se manejan los conceptos específicos, sino a las actitudes críticas con las que los estudiantes aprenden a juzgar aún los conceptos expuestos por sus profesores (Toulmin, 1979). En este sentido, cobra especial relevancia enseñar actitudes críticas y propositivas, es decir, es fundamental la enseñanza explícita de procesos de razonamiento y argumentación.

En relación con lo anterior, más allá de un procedimiento heurístico y de una estrategia analítica, es posible ver en la propuesta toulminiana sobre la argumentación, un proceso que permite la construcción social y negociación de significados, en tanto, dinámica de diálogo en la cual, para sostener una aseveración, conclusión o punto de vista, debemos: exponer razones, recibir preguntas cruzadas sobre la fuerza y relevancia de esas razones, enfrentar objeciones y, quizás, modificar o matizar una afirmación o punto de vista inicial (Toulmin, Rieke y Janik, 1979). Aquí es importante enfatizar que la enseñanza y el aprendizaje como proceso de argumentación, trasciende la alusión al trabajo basado en esquemas y patrones de tipo algorítmico.

Implicaciones de la propuesta toulminiana en la educación en ciencias

En relación con lo anterior se puede decir que, en síntesis, hay tres conceptos centrales de la teoría toulminiana que son retomados en los estudios que reivindican el papel de la argumentación en el aprendizaje. El primero tiene que ver con sus consideraciones sobre el *lenguaje*⁴ como un elemento estructural de los conceptos, entendidos como propiedad comunal y no individual; el segundo, el carácter que le confiere a la *racionalidad* como contingente y no universal o trascendente y, el tercero, su postura frente al valor de la *argumentación* sustantiva, no formal.

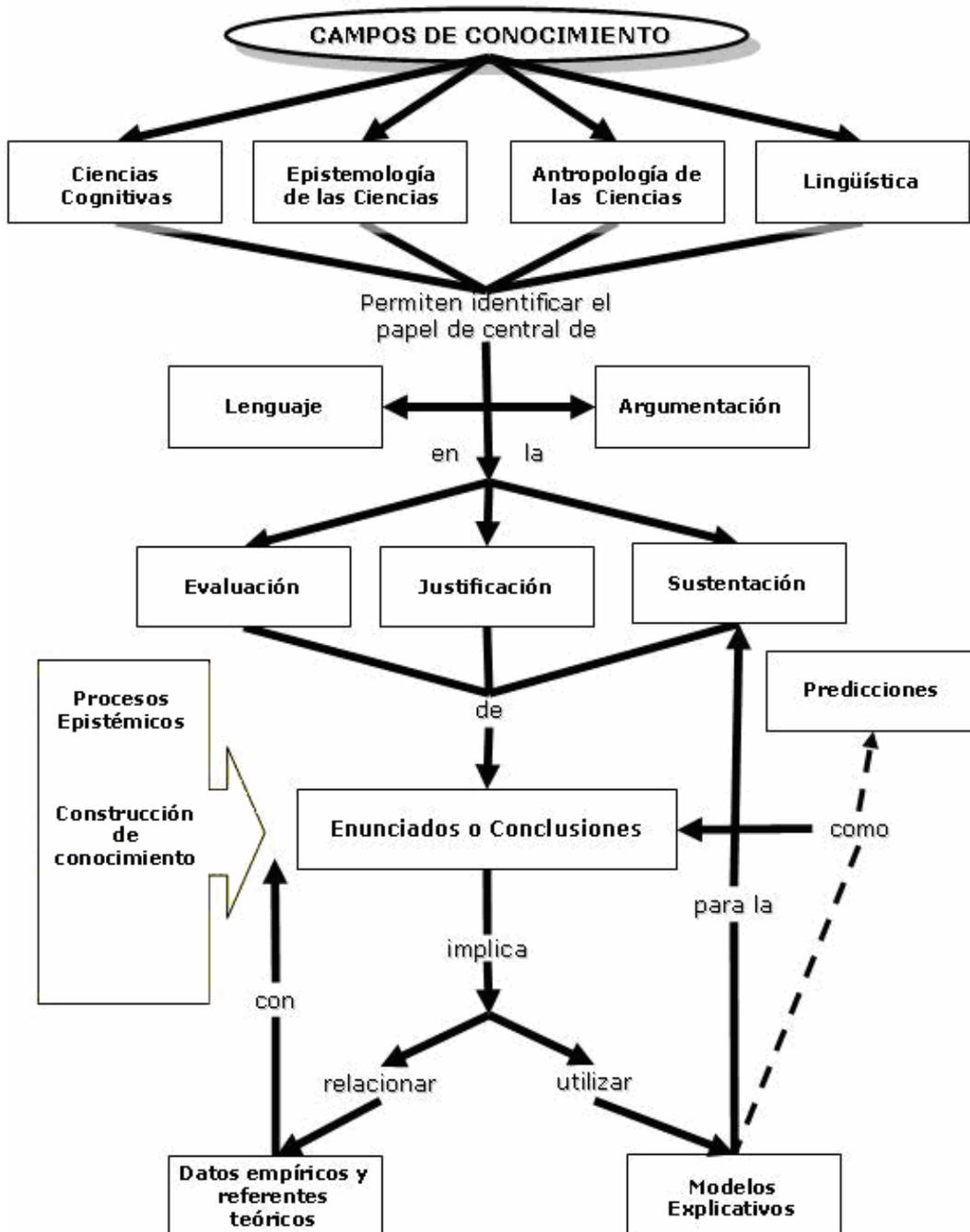
Es así como, por ejemplo, Kelly y Green (1998) explícitamente asumen los presupuestos enunciados y consideran que, en el ámbito de la enseñanza de las ciencias, la racionalidad puede ser interpretada como disposición de los miembros del grupo a examinar y modificar ideas de cara a las evidencias y a los argumentos; y que lo racional está relacionado con las formas en las cuales las normas y las prácticas culturales son construidas en y a través del lenguaje y otros sistemas semióticos, interpretadas y actuadas por los miembros de un grupo y avaladas públicamente en contextos desde los cuales es posible aceptar, criticar, modificar, revisar y refutar ideas y explicaciones. Estas consideraciones son avaladas igualmente por María Pilar Jiménez-Aleixandre y su grupo de la Universidad de Santiago de Compostela y colaboradores de la Universidad Autónoma de Barcelona; obviamente, por el grupo de Gregory Kelly y sus colegas y por Richard Duschl y colaboradores del King's College⁵, investigadores de gran trayectoria en este campo.

Estos presupuestos epistemológicos permiten tomar distancia de las visiones positivistas que conciben el aprendizaje como descubrimiento, para entender el aprendizaje como argumentación; lo cual implica considerar que el razonamiento y la argumentación son procesos que demandan el desarrollo de habilidades para, por ejemplo, relacionar datos con las

⁴Toulmin (1964) hace un llamado a reconocer que las ciencias tienen sus propios lenguajes y "recursos literarios" para representar sus teorías explicativas; de tal manera que, un científico aprende a hablar y a pensar en términos de los modelos teóricos y puede hacer alusión a, por ejemplo, "superficie tridimensional", "luz invisible" o "curvatura del espacio", expresiones y modelos que por vívidos que parezcan, para el profano no resultan familiares ni inteligibles de inmediato y, por el contrario, se pueden convertir en autocontradicciones que llevan a la incomprensión, si no son debidamente relacionados con los fenómenos a los cuales sirven como explicación.

⁵ Por ejemplo: Driver, Newton y Osborne (2000); Duschl y Osborne (2002); Erduran, Simon y Osborne (2004).

conclusiones, evaluar enunciados teóricos a luz de datos empíricos o de datos procedentes de otras fuentes, modificar aseveraciones a partir de nuevos datos y usar los modelos y los conceptos científicos para soportar las conclusiones; es decir, son operaciones de orden epistémico que permiten construir, negociar, cambiar y compartir significados, representaciones y explicaciones (Driver, Newton y Osborne, 2000; Jiménez, Bugallo y Duschl, 2000; Jiménez-Aleixandre y Díaz, 2003; Zohar y Nemet, 2002; entre otros). La educación en ciencias en este referencial es lo que representa el esquema 4.



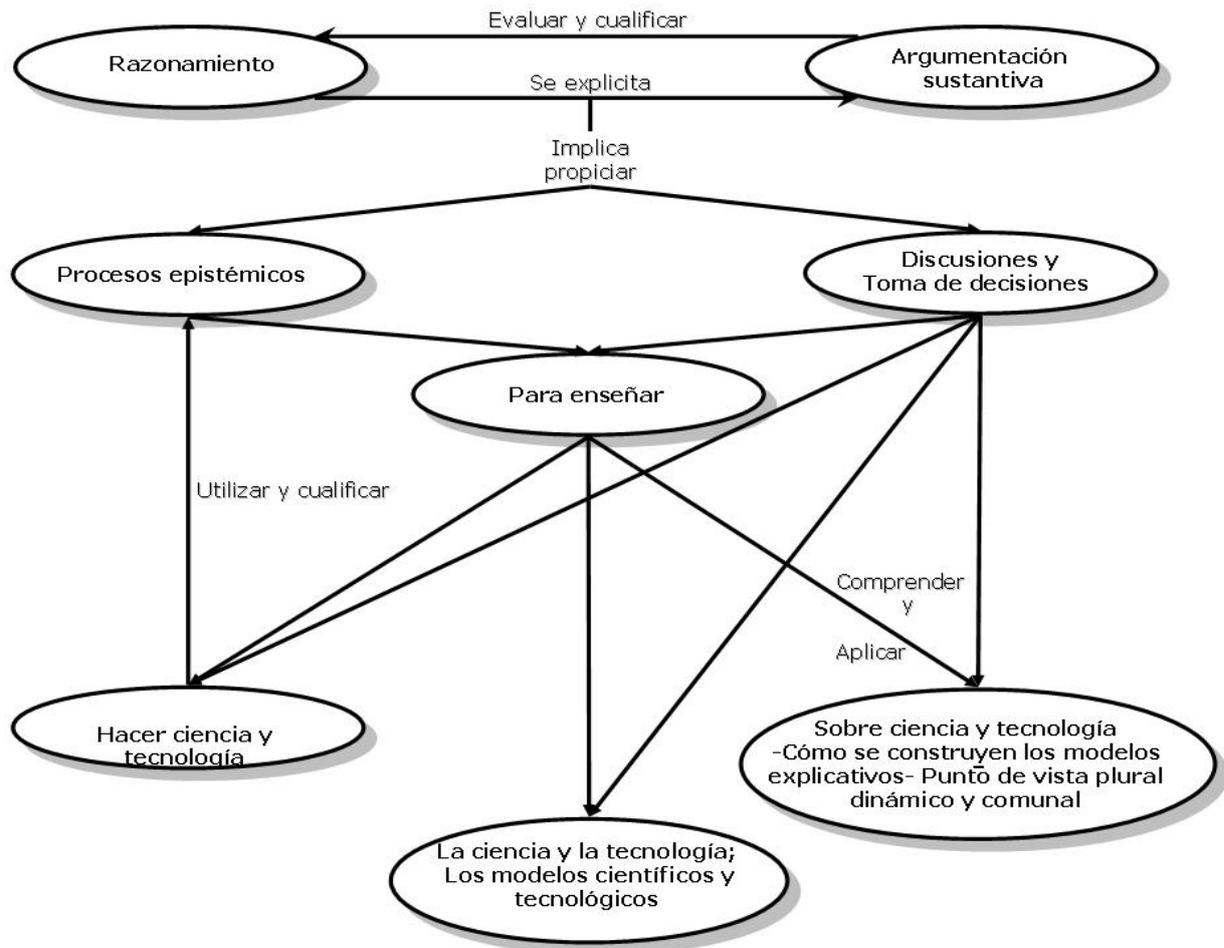
Esquema 4.- La argumentación como articulación de procesos sociológicos con los epistémicos del ámbito individual

En este sentido, es posible hablar de la construcción de conocimiento en el ámbito escolar, así como, de la concreción de un ideal de la educación en ciencias experimentales, para propiciar la inmersión de los estudiantes en la cultura científica y, como lo propone Hodson (2003), enseñar a hacer ciencia y enseñar sobre las ciencias, esto es, enseñar, además de modelos explicativos, procesos y actitudes inherentes a la producción, justificación, divulgación y evaluación de conocimientos.

Llevar a las clases las propuestas de aprendizaje como argumentación implica que éstas se constituyan en comunidades de aprendizaje, donde sea posible superar la enseñanza tradicional informativa y repetitiva y, en su lugar, se consoliden ambientes que propicien la realización de actividades que privilegien la participación de los y las estudiantes en procesos como clasificaciones, comparaciones, apelación y uso de analogías y, especialmente, en la construcción, justificación y valoración de explicaciones, es decir, en procesos epistémicos. Pretensiones que, de acuerdo con Newton, Driver y Osborne (1999), deben enfrentar y superar obstáculos –como la presión externa por la presencia de currículos prescriptos, los sistemas y políticas de evaluación que les son inherentes y, en algunos casos, las limitaciones en el repertorio de estrategias del profesor –, para que dichas propuestas logren finalmente permear las aulas.

En relación con lo anterior, es posible identificar, en las investigaciones a las cuales hacemos referencia, un acuerdo generalizado respecto a la importancia de aprender a argumentar; al tiempo que se reconoce la necesidad de indagar, en primer lugar, cómo los estudiantes elaboran sus argumentos: ¿qué cuenta para ellos como un dato, y qué como conclusión o explicación?, ¿qué tipo de justificaciones utilizan y en qué casos las utilizan?, ¿en cuáles situaciones utilizan modelos, conceptos, leyes o principios disciplinares para justificar sus conclusiones?, ¿qué procesos siguen para argumentar mientras resuelven problemas? y ¿qué niveles epistémicos es posible identificar en sus argumentos escritos? (Kelly y Takao, 2002; Jiménez-Aleixandre y Díaz, 2003; Custodio y Sanmartí, 2005), son entre otras, preguntas clave como punto de partida para enseñar a razonar y a argumentar.

Dando un paso adelante, para hacer de la argumentación y el razonamiento un objeto de enseñanza y de aprendizaje, se explicita en varios trabajos el interés en proponer y evaluar estrategias de aula que mejoren los desempeños de los estudiantes en su competencia argumentativa (ver por ejemplo, Osborne, Erduran y Simon, 2004; Erduran, Simon, y Osborne, 2004; Duschl, y Osborne, 2002; Kelly y Takao, 2002; Eirexas, Agraso, Jiménez-Aleixandre y Díaz, 2005; Custodio y Sanmartí, 2005). Estas investigaciones, además de explorar las diversas formas comunicativas que se dan en la clase de ciencias y los significados compartidos por los miembros de los grupos, de acuerdo con Justi (2006), se proponen el diseño y puesta en marcha de actividades y estrategias que permitan planificar la enseñanza para tratar de poner a los alumnos en disposición de comprender y usar el discurso y los modelos científicos, al tiempo que participan en procesos y actividades que les permitan manejar con sentido crítico situaciones relacionadas con las ciencias, tal como representado en el esquema 5.



Esquema 5.- Los propósitos actuales de la educación en ciencias y su relación con la propuesta de enseñanza y aprendizaje, como procesos centrados en la argumentación sustantiva.

Se trata de la posibilidad de hacer de las clases de ciencias el espacio para formar en la autonomía intelectual, es decir, el espacio para preguntar, discutir, criticar y disentir; el lugar en el cual los y las estudiantes expresen y argumenten sus propias ideas en forma adecuada y, en lo posible, que para ello hagan uso de los discursos y de los modelos explicativos de las disciplinas científicas. Aquí se hace explícita la posibilidad de enseñar y aprender a razonar y a argumentar, tanto en el contexto de los debates públicos grupales o de los diálogos interpersonales, como en la elaboración de textos escritos que develen, por ejemplo, el uso apropiado de la literatura científica para sustentar aseveraciones de conocimiento y de valor.

Al respecto, como ya se anotó, en muchas de las investigaciones inscritas en esta perspectiva, se relaciona el aprendizaje con la solución y debate de problemas auténticos (Jiménez-Aleixandre, 2002; Jiménez-Aleixandre, Bugallo y Duschl, 2000), es decir, problemas interesantes y significativos para los y las estudiantes. Entre éstos, sobresalen los que tratan de asuntos sociocientíficos, que implican conocimiento de frontera y que son de gran interés para el público en general –transgénesis, clonación, contaminación ambiental, entre muchos otros– (ver por ejemplo: Simonneaux, 2001,

Zohar y Nemet, 2002; Sadler y Zeidler, 2005, citados por Jiménez-Aleixandre, 2005). Problemas que, de acuerdo con Martínez e Ibáñez (2006), permiten la implicación personal de los y las estudiantes en la tarea, la posibilidad de que el alumno controle y evalúe su propio conocimiento y la satisfacción personal de resolver una situación; lo que según estas autoras redundaría en el mejoramiento de actitudes positivas hacia las ciencias y su aprendizaje, en tanto la ciencia que así se enseña, aún en su complejidad, tiene relevancia para la vida de todas las personas y favorece la motivación hacia su comprensión.

De acuerdo con Sadler y Zeidler (2005), la expresión "asuntos sociocientíficos" hace referencia a debates, polémicas, dilemas y controversias sociales generadas por conceptos, productos, procedimientos y técnicas que proceden de las ciencias. Asuntos que, como la ingeniería genética, la biotecnología, la modificación de alimentos y el uso de herbicidas, son de naturaleza controversial, de debate público y objeto de influencias políticas, éticas y económicas, en relación con las decisiones que sobre tales dilemas se tomen. Son asuntos en los cuales se hace más explícita la naturaleza sociocultural y comprometida del conocimiento científico y, por lo tanto, la mutua relación ciencia y sociedad.

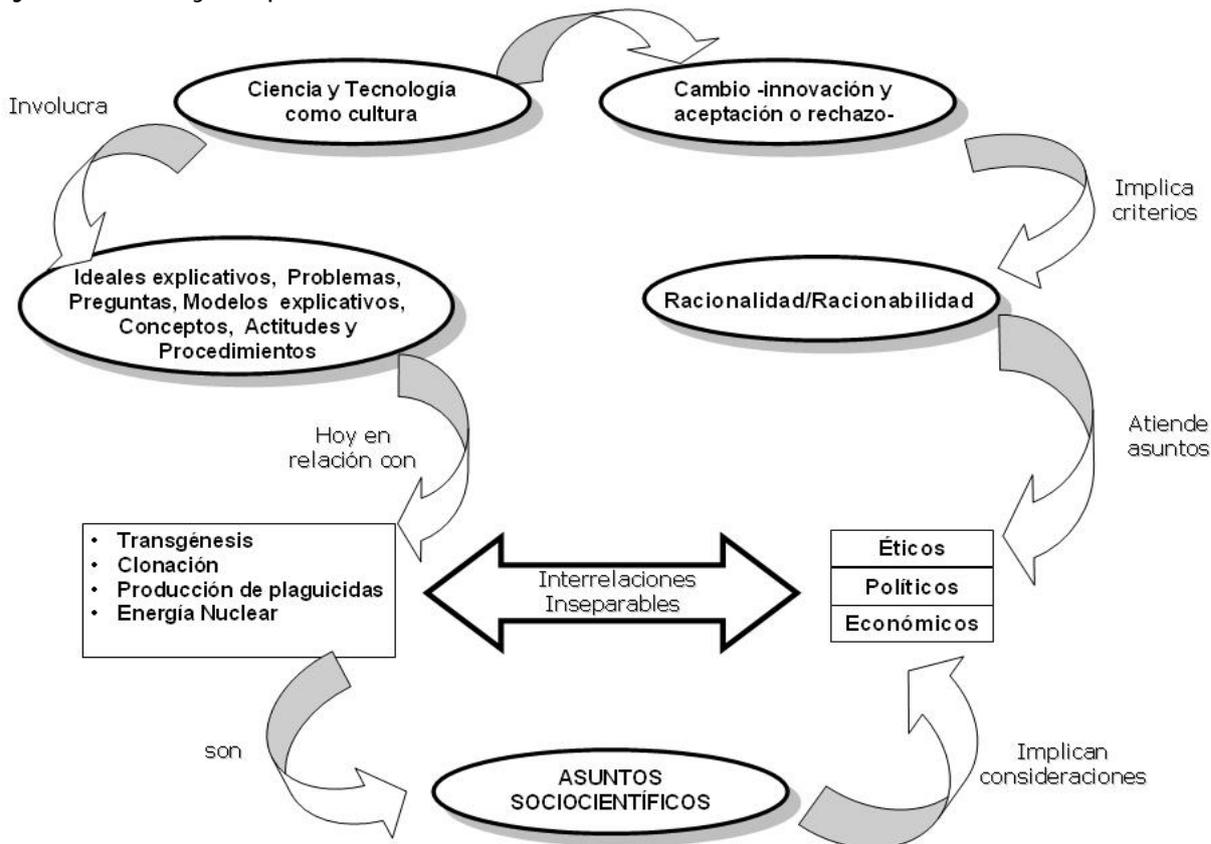
Siguiendo con los planteamientos de estos investigadores, al aludir a los asuntos sociocientíficos se hace referencia a cuestiones en las que se requiere tomar decisiones informadas sobre temas científicos de particular importancia e interés social; y, en este sentido, se señala una diferencia con la perspectiva de investigación que se dirige al estudio de las relaciones CTS –ciencia/tecnología/sociedad–, en tanto esta última se focaliza principalmente en el impacto de la ciencia y la tecnología en la sociedad, pero se ocupa muy poco de la influencia de los asuntos de orden moral, ético, político y económico, de las decisiones tomadas en el ámbito de la producción, justificación y valoración del conocimiento científico. El esquema 6 sugiere ciencia y tecnología como cultura y racionalidad⁶ como concepto que implica aceptar los rasgos sociológicos de la construcción del conocimiento.

El tratamiento de cuestiones sociocientíficas en la educación en ciencias, implica la inclusión de literatura científica como fuente de información y objeto de debate en los procesos de aula; así mismo, le son inherentes, el interés en los razonamientos de tipo sustantivo e informal y, obviamente, en los procesos de argumentación y en las argumentaciones que, finalmente, los y las estudiantes construyen para presentar y defender sus posturas respecto a los dilemas propuestos. Se alude a razonamientos sustantivos y no formales, porque ellos incluyen, necesariamente, aspectos de orden tanto cognoscitivo como axiológico, valorativo y afectivo (Sadler y Zeidler, 2005).

Como lo señalan Osborne, Eduran y Simon (2004), es importante llevar a las clases de ciencias las controversias que se dan en el ámbito de las disciplinas científicas e identificar los criterios de validez y confiabilidad con

⁶El concepto racionalidad que aquí adoptamos, es propuesto por Toulmin (2003) y alude a la posibilidad de ser razonables, más allá de los cánones de la lógica formal.

los cuales los científicos apoyan sus teorías, explicaciones, modelos y predicciones. En este sentido, lo más conveniente es organizar actividades que permitan las discusiones explícitas respecto a, por ejemplo, las normas y criterios que subyacen a los trabajos científicos; estrategias en las cuales es ineludible la consideración sobre la pluralidad teórica y conceptual, es decir, la aceptación de que no hay respuestas verdaderas y únicas a los problemas planteados, un aspecto que contribuye a desdibujar el autoritarismo y el dogmatismo, tan comunes en las clases de ciencias. Se busca propiciar el razonamiento, en tanto que la participación en debates implica tomar posturas argumentadas, es decir, suficiente y explícitamente justificadas y respaldadas.



Esquema 6.- Racionalidad como concepto que permite, tomar distancia del dogmatismo cientificista e implica aceptar los rasgos sociológicos de la construcción de conocimiento.

Consideraciones finales

En el mundo de hoy, el de la ciencia, la tecnología y la información, altamente industrializado y mecanizado y envuelto en enormes crisis como la inequidad, la miseria y la devastación ambiental, crisis que no son ajenas a las relaciones ciencia y sociedad, es fundamental la formación en la democracia participativa y deliberativa, es decir, en y para la toma de decisiones informadas y fundamentadas. Esta perspectiva es inseparable de la enseñanza basada en procesos de argumentación en los cuales se articulan, de un lado, las operaciones epistémicas y cognitivas que permiten cualificar los razonamientos; y de otro, los asuntos del ámbito sociológico

que implican tomar posturas críticas y proponer soluciones en relación con cuestiones o problemáticas de orden sociocientífico.

En este ámbito de reflexiones, vale resaltar las ideas de Zohar (2006), para quien pensar bien, es decir, razonar adecuadamente, es un prerrequisito para ser un ciudadano crítico en una sociedad auténticamente democrática, al tiempo que se constituye en una condición necesaria para ser capaces de hacer frente competentemente a las enormes cantidades de información y al manejo de las nuevas tecnologías de la información, que caracterizan el mundo hoy. Es por esto que, como lo señala esta autora, varios currículos -Nuffield Curriculum Center de 2002; Qualifications and Curriculum Authority, sitio web revisado en 2005; American Association for the Advancement of Science de 1993; National Research Council de 1996- enfatizan la necesidad de que en el siglo XXI todos los estudiantes aprendan ciencias de una forma que les permita evaluar críticamente cuestiones científicas y tecnológicas innovadoras.

Lo anterior nos lleva a reiterar que es necesario desarrollar, en las clases, estrategias pedagógicas y didácticas que permitan a los y las estudiantes el ejercicio de procesos y actitudes democráticas, en espacios para la crítica y las discusiones. Se trata de enseñar y aprender a fundamentar decisiones y apoyar justificaciones y refutaciones. Aspecto en el cual hay un enorme consenso en relación con la valoración de la perspectiva toulminiana sobre la argumentación situada y sustantiva ⁷y sobre la potencial riqueza del modelo argumental de Toulmin -MAT- como un instrumento para la construcción y el análisis de los argumentos⁸ (ver por ejemplo en Kelly y Takao, 2002; Osborne, Erduran y Simon, (2004); Jiménez-Aleixandre y Díaz, 2003, entre otros). No obstante, se reitera aquí, la enseñanza de la argumentación no puede reducirse al uso de estrategias heurísticas, debe ir mucho más allá, si su pretensión es formar ciudadanos que se interesen por los estudios y los debates científicos y tecnológicos.

Ideas como las de Hodson⁹, en relación con la educación en ciencias, hacen ineludible explicitar lo que debe contener un currículo para la formación inicial y continua de los profesores y las profesoras que, en su ejercicio profesional, estén en condiciones de proponer y utilizar modelos de enseñanza que permitan al estudiante aprender ciencia y tecnología, aprender sobre ciencia y tecnología y hacer ciencia y tecnología; es decir, modelos que les permitan implicarse en procesos de investigación y resolución de problemas científicos, al tiempo que se involucran en acciones sociopolíticas para responder en forma adecuada y responsable en situaciones del ámbito social, político y económico. Se alude aquí a la calidad de los(las) profesores(as) como intelectuales, calidad a la que le es

⁷ El proceso argumentativo, acorde con las perspectivas de Toulmin, como ya se ha dicho, se expresa en términos de la razonabilidad, es decir, de exponer buenas razones; razones coherentes, pertinentes y situadas, superando los esquemas deductivos nomológicos o formales. Aprender a argumentar permitirá entender que, en la racionalidad, está implicada la flexibilidad intelectual como una posibilidad de presentar nuestras ideas, defenderlas o someterlas a refutación.

⁸No obstante, se reconocen problemas y debilidades en la propuesta del MAT; entre otras, la ambigüedad de sus elementos o categorías estructurales y, además, sus limitaciones cuando se trata de argumentos complejos.

⁹Estas son ideas planteadas por Derek Hodson en un artículo del volumen conmemorativo de los veinticinco años de la revista *International Journal of Science Education*.

inherente una visión adecuada y contextualizada de las ciencias, su aprendizaje y su enseñanza.

En este sentido, aludir a la ciencia como actividad cultural y resaltar su carácter humano y comprometido, así como sus limitaciones, al tiempo que se reivindica el valor de las argumentaciones sustantivas no formales, no implica caer en el relativismo, si se entiende que, aún en su carácter situacional y contingente, el razonamiento y la argumentación exigen criterios que permiten evaluarlos en términos de su rigurosidad, su pertinencia y la atención al caso; es decir, no todo vale.

En coherencia con lo anterior, enseñar estrategias para un razonamiento adecuado y acorde con los problemas, identificar cuestiones sociocientíficas de interés contextual y enfocarlas con criterios de rigurosidad científica, reconociendo la pluralidad de las teorías explicativas y las limitaciones de las mismas son, entre otras, tareas que implican pensar en un profesor que, además del dominio científico, conozca sobre la naturaleza de las ciencias, para que, en su trabajo como educador, pueda destacar los logros intelectuales y materiales de los científicos, al tiempo que permite la discusión de sus limitaciones y restricciones, cuestionando la imagen tradicional, dogmática y autoritaria de las ciencias (Izquierdo y Adúriz-Bravo, 2003).

En este sentido, es posible decir que la formación de profesores trasciende ampliamente lo disciplinar, ésta deberá involucrar saberes de ámbitos como el ético, el político, el pedagógico, el didáctico y, en lo posible, el investigativo; es decir, una formación integral que, ineludiblemente, deberá estar fundamentada en los campos que indagan por la naturaleza del conocimiento. Aquí, Stephen Toulmin, por su indudable incidencia en la investigación en educación en ciencias, y especialmente por el enorme potencial de sus reflexiones epistemológica, se constituye en un referente de enorme valor en el plan de formación de los profesores del campo de las ciencias experimentales.

Referencias bibliográficas

Adúriz-Bravo, A. (2005). Apuntes sobre la formación epistemológica de los profesores de ciencias naturales. *Pedagogía y Saberes*, 21, 9-19.

Cazden, C. (1991). *El discurso en el aula. El lenguaje de la enseñanza y el aprendizaje*. Barcelona: Paidós-MEC.

Custodio, E. y N. Sanmartí (2005). Mejorar el aprendizaje en la clase de ciencias aprendiendo a escribir justificaciones. *Enseñanza de las Ciencias*. Número extra. VII Congreso, Formato electrónico.

Driver, R., Newton, P. y J. Osborne (2000). Establishing the norms of scientific argumentation in classroom. *Science Education*, 88, 287-312.

Duschl, R., Ellenbogen, K. y S. Erduran (1999). *Understanding Dialogic Argumentation*. Paper presented at the annual meeting of American educational research association, Montreal.

Duschl, R. y J. Osborne (2002). Supporting and promoting argumentation discourse. *Studies In Science Education*, 38, 39-72.

Eirexas, F., Agraso, M., Jiménez-Aleixandre, M.P. y J. Díaz de Bustamante (2005). Calidad en las justificaciones, uso de conceptos y consistencia entre datos e inferencias en la toma de decisiones. *Enseñanza De Las Ciencias*, Número extra, Formato electrónico.

Erduran, S., Simon, S. y J. Osborne (2004). Tapping into argumentation: developments in the application of toulmin's argument pattern for studying science discourse. *Science Education*, 88, 915-933.

Gil, D., Carrascosa, J. y F. Torrades (1999). El surgimiento de la didáctica de las ciencias como campo específico de conocimiento. *Revista Educación Y Pedagogía*, 25, 15-65.

Hodson, D. (2003). Time for action: Science education for an alternative future. *International Journal Of Science Education*, 25, 645-670.

Hennessey, G. (1991). *Analysis of concept change and Estatus change in sixth graders' concepts of force and motion*. Tesis Doctoral. University of Wisconsin.

Izquierdo, M. y A. Aduriz-Bravo (2003). Epistemological foundations of school science. *Science Education*, 12, 27-43.

Jiménez-Aleixandre, M.P. (2005). Simposio la construcción del discurso científico socialmente contextualizado. *Enseñanza de las Ciencias*, Número extra, Formato electrónico.

Jiménez-Aleixandre, M.P. (2002). Knowledge producers or knowledge consumers? Argumentation and decision making about environmental management. *International Journal of Science Education*, 24, 1171-1190.

Jiménez-Aleixandre, M.P. y J. Díaz de Bustamante (2003). Discurso de aula y argumentación en la clase de ciencias: cuestiones teóricas y metodológicas. *Enseñanza de las Ciencias*, 16, 359-370.

Jiménez-Aleixandre, M. P., Bugallo, A. y R. Duschl (2000). "Doing the Lesson" or "doing science" argument in high school genetics. *Science Education*, 84, 757-792.

Johnson-Laird, P. (1993^a). *El ordenador y la mente*. Barcelona: Paidós.

Johnson-Laird, P. (1993^b). *Mental models*. Cambridge: Cambridge University Press.

Justi, R. (2006). La enseñanza de ciencias basada en la elaboración de modelos. *Enseñanza de las Ciencias*, 24, 173-184.

Martínez, A. y O. Ibáñez (2006). Resolver situaciones problemáticas en genética para modificar las actitudes relacionadas con la ciencia. *Enseñanza De Las Ciencias*, 24, 193-206.

Kelly, G. y A. Takao (2002). Epistemic levels in argument: an analysis of university oceanography students' use of evidence in writing. *Science Education*, 86, 314-342.

Kelly, G., Chen, C. y W. Prothero (2000). The epistemological framing of a discipline: Writing science in university oceanography. *Journal Of Research In Science Teaching*, 37, 691-718.

Kelly, G. y J. Green (1998). The social nature of knowing: toward a Sociocultural perspective on conceptual change and knowledge construction. En B. Guzzetti y C. Hynd (Eds.). *Perspectives in conceptual change* (pp. 145-181). New York: Inc publisher.

Kelly, G., Druker, S. y C. Chen (1998). Students' reasoning about electricity: combining performance assessments with argumentation analysis. *International Journal Of Science Education*, 20, 849-871.

Knorr-Cetina, K. (1995). Laboratory Studies: the cultural approach to the study of science. En S. Jasanoff, G. Markle, J. Petersen and T. Pinch (Eds.), *Handbook Of Science And Technology Studies* (pp.140-166). Los Angeles: Sage Publications.

Kuhn, D. (1992). Thing as argument. *Harvard Eduactional Riview*, 66, 155-178.

Kuhn, D. (1993). Science as argument: implications for teaching and learning scientific thinking. *Science Education*, 73, 319-337.

Latour, B. y S. Woolgar (1995). *La vida en el laboratorio: la construcción de hechos científicos*. Madrid: Alianza Editorial.

Newton, P. Driver, R. y J. Osborne (1999). The place of argumentation in the pedagogy of school science. *International Journal Of Science Education*, 21, 553-576.

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

Sadler, T. y D. Zeidler (2005). Patterns of informal reasoning in the context of socioscientific decision making journal of research. *Science Teaching*, 42, 112-138.

Simonneaux, L. (2001). Role-Play or debate to promote students' argumentation and justification on an issue in animal transgenesis. *International Journal Of Science Education*, 23, 903-927.

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

Sutton, C. (1997). Ideas sobre la ciencia e ideas sobre el lenguaje. *Alambique*, 12, 8-32.

Toulmin, S. (1999). *The uses of argument*. Cambridge: Cambridge University Press.

Toulmin, S. (1977). *La comprensión humana: El uso colectivo y la evolución de los conceptos*. Madrid: Alianza.

Toulmin, S. (2003). *Regreso a la razón*. Barcelona: Ediciones Península.

Toulmin, S. Rieke, T. y Janik, A. (1979). *An introduction to reasoning*, New York: Macmillan.

Zohar, A. y Nemet, F. (2002). Fostering students' knowledge and argumentation skills through dilemmas in human genetics. *Journal Of Research In Science Teaching*, 39, 35-62.