

# HISTORIA Y EPISTEMOLOGÍA DE LAS CIENCIAS



## LAS APORTACIONES DE TOULMIN A LA ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS

**CHAMIZO GUERRERO, JOSÉ ANTONIO**

Facultad de Química, Universidad Nacional Autónoma de México  
jchamizo@servidor.unam.mx

---

**Resumen.** Se presentan las principales aportaciones a la enseñanza de las ciencias del filósofo, historiador, moralista y retórico S. Toulmin, centradas en la argumentación y el desarrollo de la ciencia a través de problemas. Además se discuten las dificultades de su aceptación por las diversas comunidades académicas.

**Palabras clave.** Argumentación, naturaleza de la ciencia, racionalidad, razonabilidad, problemas.

---

### **The contributions of Toulmin to science education**

**Summary.** This paper is about the main contributions made to science education by the philosopher, historian, moralist and rhetorician S. Toulmin around the argumentation and the development of science through problems. A brief discussion of the difficulties of his acceptance by the diverse academic communities is introduced.

**Keywords.** Argumentation, nature of science, rationality, reasoning, problems.

---

Su apertura a la diversidad de la razón ha llevado a Toulmin a una odisea a través de extraños mares y lejanos climas intelectuales.

Marx W. Wartofsky

Con sus más de ochenta años, la figura de Stephen Toulmin, filósofo de la ciencia, historiador, retórico y *moralista* se levanta trascendiendo estas burdas clasificaciones propias de las facultades universitarias, con las que tanto ha peleado. Su interés por el saber y por el transformar, alejado de la pureza de las verdades absolutas, le han llevado a proponer conceptos audaces en multitud de lugares y a enfrentar numerosos grupos académicos cuya respuesta ha sido generalmente la descalificación, basados, muchas veces, en la estrechez de miras de sus propias disciplinas. Así, los historiadores de la ciencia dicen de él que es buen filósofo, los filósofos que interesante retórico, los axiólogos que buen historiador, etc., etc. Admirado por muchos, golpearlo e ignorarlo ha sido, sin embargo, una prometedor empresa en diversos círculos universitarios. Al final de su vida Toulmin se considera un historiador de la cultura, y en esta amplia panorámica cabe la educación. La presente introducción a su trabajo busca reconocer sus aportaciones en el terreno de la enseñanza de las ciencias.

ANTECEDENTES

Stephen Toulmin nació en Londres en 1922 donde estudió su licenciatura en física y matemáticas en el King's College. A los veinte años, y hasta el final de la Segunda Guerra Mundial, trabajó en un laboratorio que investigaba sobre el radar, dependiente de la Royal

Air Force. En 1946 inició sus estudios de doctorado en filosofía en la Universidad de Cambridge. La herencia académica que aquí recibe tiene dos vertientes que lo ocuparán el resto de su vida, aceptando una y cuestionando la otra. Por un lado el positivismo del siglo XIX y por otro la importancia del lenguaje. En relación con el positivismo, éste pretende establecer claramente la frontera entre ciencia y no ciencia a partir de tres criterios complementarios:

- un criterio empírico-experimental, es decir si algo no puede ser construido, formulado, o interpretado en términos de observaciones o mediciones, entonces no es considerado como científico, es metafísico
- un criterio de inferencia lógico-matemático que indica que si algo no puede ser reconstruido de manera deductiva no es racional, no es científico
- un criterio de teoría científica en el que se asume que si un conjunto de argumentos no pueden ser ordenados axiomáticamente, entonces la teoría que conforman es defectuosa o incompleta.

Contra esta corriente filosófica, empírica en su contenido y lógica en su forma, Toulmin escribirá hasta hoy en día. La otra vertiente, relacionada con la importancia del lenguaje, proviene del que fue su profesor en Cambridge y tal vez el más original filósofo del siglo XX, L. Wittgenstein. Su tesis de doctorado *El puesto de la razón en la ética*, bajo la fuerte influencia de éste último, se volvió el primero de una gran cantidad de libros de los que Toulmin es autor (Tabla 1). En su tesis aborda el asunto de la elección entre teorías rivales considerando que la confiabilidad predictiva, la coherencia y la conveniencia son criterios suficientes para ello.

Tabla 1  
Algunos de los textos más representativos de S. Toulmin.

1950	<i>An Examination of the Place of Reason in Ethics</i> . Cambridge: Cambridge University Press. ( <i>El puesto de la razón en la ética</i> . Madrid: Revista de Occidente, 1964).
1953	<i>The Philosophy of Science: An Introduction</i> . Londres: Hutchinson. ( <i>La filosofía de la ciencia</i> . Buenos Aires: Fabril Editora, 1964).
1958	<i>The Uses of Argument</i> . Cambridge: Cambridge University Press.
1961	<i>Foresight and Understanding: An Enquiry Into the Aims of Science</i> . Bloomington: Indiana University Press.
1961	con June Goodfield. <i>The Fabric of the Heavens</i> . Londres: Hutchinson. ( <i>La trama de los cielos</i> . Buenos Aires: Eudeba, 1963).
1962	con June Goodfield. <i>The Architecture of Matter</i> . Nueva York: Harper & Row.
1965	con June Goodfield. <i>The Discovery of Time</i> . Nueva York: Harper & Row. ( <i>El descubrimiento del tiempo</i> . Barcelona: Ed. Paidós, 1990).
1970	«Does the distinction between normal and revolutionary science hold water?», pp. 39-47, en: <i>Criticism and the Growth of Knowledge</i> (Imre Lakatos & Alan Musgrave, eds.). ( <i>La crítica y el desarrollo del conocimiento</i> . Barcelona: Ediciones Grijalbo, 1975).
1972	<i>Human Understanding, volume 1: The Collective Use and Development of Concepts</i> . Oxford: Clarendon Press. ( <i>La comprensión humana. I El uso colectivo y evolución de los conceptos</i> . Madrid: Alianza Editorial, 1977).
1976	<i>Knowing and Acting: An Introduction to Philosophy</i> . Nueva York: Macmillan.
1981	«Human adaptation», en <i>The Philosophy of Evolution</i> (Jensen, U.J. y Harre, R. eds.). Nueva York: St. Martin's Press.
1987	«The National Commission of Human Experimentation: procedures and outcomes», pp. 599-613, en: <i>Scientific Controversies: Case Studies in the Resolution and Closure of Disputes in Science and Technology</i> (Engelhardt, Tristram H. Jr. y Caplan, Arthur, L. eds.). Cambridge: Cambridge University Press.
1990	<i>Cosmopolis: The Hidden Agenda of Modernity</i> . Nueva York: Free Press. ( <i>Cosmopolis. El Trasfondo de la Modernidad</i> . Barcelona: Editorial Península, 2001).
2001	<i>Return to Reason</i> . Cambridge: Harvard University Press. ( <i>Regreso a la razón</i> . Barcelona: Editorial Península, 2003).

En 1949 empezó a dar clases sobre filosofía de la ciencia en la Universidad de Oxford. Allí, siguiendo lo que en sus propias palabras era una tradición familiar, un *asunto de conversación durante la comida* inició la que sería otra de sus líneas de trabajo relacionada con la historia de las ideas. En 1953 publicó su segundo libro *La filosofía de la ciencia* en el que su crítica al predominante formalismo filosófico descontextualizado y ahistórico fue ignorada. Después de su paso por la Universidad de Melbourne, Australia, obtuvo una plaza en el departamento de filosofía de la Universidad de Leeds, Inglaterra, donde publicó su controvertido *The uses of argument*, texto fuertemente criticado por los filósofos británicos, sus compañeros, pero también ampliamente aclamado, aunque algunos años después, por los retóricos norteamericanos.

Actualmente trabaja y reside en los Estados Unidos, lugar adonde emigró en el año 1965. Allí, además de escribir tres importantes textos relacionados con la historia de la ciencia, incursionó en asuntos de ética y moral, particularmente en temas relacionados con la medicina, todo ello sin olvidar sus primeros trabajos acerca de la filosofía de la ciencia y la argumentación sobre los que continuó escribiendo. A lo largo de su vida ha recibido diversos reconocimientos académicos, entre los que destacan los de las universidades norteamericanas de Columbia, Northwestern, Stanford y Chicago, así como de europeas localizadas en Holanda, Austria y Suecia.

Cuando en 1971 publicó su tal vez más importante texto sobre filosofía de la ciencia *La comprensión humana: el uso colectivo y la evolución de los conceptos* identificó la tesis central de su pensamiento:

«Que en la ciencia y la filosofía por igual, la preocupación exclusiva por la sistematicidad lógica ha resultado destructiva para la comprensión histórica y la crítica racional. Los hombres demuestran su racionalidad, no ordenando sus conceptos y creencias en rígidas estructuras formales, sino por su disposición a responder a situaciones nuevas con espíritu abierto, reconociendo los defectos de sus procedimientos anteriores y superándolos» (Toulmin, 1977, p. 12).

En los últimos años su trabajo se ha centrado en la razón práctica particularmente en la medicina, pero también en otras disciplinas y en la evolución histórica de las humanidades, ejemplificada en el siglo XVI por Erasmo, Moro, Montaigne, Cervantes y Shakespeare. El contraste entre la particularidad concreta del humanismo del siglo XVI y la generalidad abstracta de las ciencias exactas del siglo XVII es fundamental en su análisis de la *modernidad*. Así explica el ascenso social de las ciencias exactas como la respuesta a la profunda crisis del siglo XVII caracterizada, entre otras cosas, por la brutalidad de la Guerra de los treinta años y por el acuerdo de Westfalia en 1648, que estableció una sociedad con ideales estáticos de orden acerca de la naturaleza.

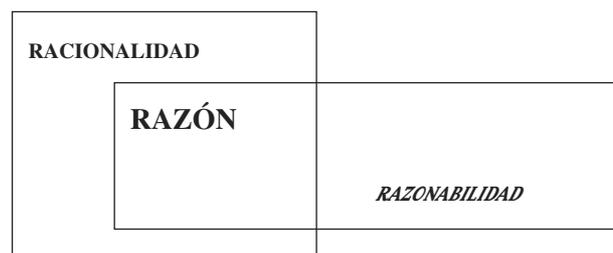
En el que probablemente será su último libro *Return to reason*, publicado en 2001 y reimpresso en 2003, Toulmin hace un recuento de algunas de sus ideas más im-

portantes bajo el esquema de lo racional y lo razonable. Para él, durante el siglo XVI los argumentos razonables y bien sustentados, lo que se puede identificar como el conocimiento práctico, tenían tanta aceptación como las demostraciones matemáticas más rigurosas. Simplemente respondían a necesidades diferentes. Sin embargo el siglo XVII vio emerger *el encumbramiento de la certeza*, la racionalidad que desplazó esta anterior equidad para darle un valor y reconocimiento mayor a los procedimientos matemáticos, particularmente en la física, con los que se pretendió dar respuestas a todas las áreas del conocimiento humano, incluyendo el económico, el sociológico e incluso el moral.

Al considerar la idea convencional de racionalidad (que no es la suya propia como se discutirá más adelante) como aquella en la que los argumentos se centran en conceptos abstractos y las explicaciones apelan a leyes universales, neutrales, atemporales y descontextualizadas, la encuentra muy limitada. Por otro lado la razonabilidad caracterizada por su énfasis en las narrativas específicas, contextualizadas, éticas y temporales parece complementar a esta «parcial» y tan en boga racionalidad. De acuerdo con Toulmin el balance entre estas dos formas de conocer, racionalidad y razonabilidad, se perdió hace ya varios siglos por lo que proclama que el regreso a la razón consiste en el reconocimiento de lo que de razonable hay en nosotros. De esta forma nuestras ambiciones de racionalidad absoluta quedarían comprometidas y mediadas por la incorporación de razonabilidades relativas, como se esquematiza en la figura 1. Así, el futuro queda abierto y las sociedades pueden construir escenarios sobre los distintos mundos posibles. Una aplicación de estas ideas en la enseñanza de las ciencias ha sido recientemente desarrollada por Izquierdo y Aliberas (2004) y se resume en la tabla 2.

Figura 1

Componentes de la razón. La racionalidad responde a lo abstracto y atemporal y la razonabilidad a lo concreto y presente.



Sobre el futuro Toulmin indica que éste no pertenece, por ejemplo, ni al médico experto en bioquímica molecular, como tampoco al economista experto en el cálculo de las tasas de interés necesario para mantener el retorno de tal o cual inversión. El énfasis en el rigor teórico (es decir racional) será sustituido por un equilibrio diferente donde los valores y los ideales (relacionados con la razonabilidad) serán fundamentales.

Tabla 2

Aspectos fundamentales a considerar en una enseñanza de la ciencia racional (en la que se aprenda a pensar mediante modelos científicos) y razonable (a partir de preguntas que tengan sentido para los estudiantes). Modificado de Izquierdo y Aliberas (2004).

- **Concepciones actuales de la ciencia.** Donde se destaca el cambio de la tradicional idea de la ciencia como conocimiento, al de ciencia como actividad humana transformadora de la realidad.
- **La ciencia escolar.** La que corresponde a los conocimientos contruidos y elaborados en el entorno escolar. No es la ciencia tal cual de los científicos, sino una reconstrucción de ésta, al mismo tiempo que tampoco es un reflejo de los saberes cotidianos de los alumnos. Aquí la idea principal es la de transposición didáctica.
- **Resolución de problemas tanto teóricos como prácticos.** De manera que los alumnos aborden su resolución de manera razonable de acuerdo con las condiciones particulares en las que se encuentren (edad, infraestructura material, tiempo, etc.) reuniendo para ello la teoría con la práctica y expresando sus soluciones con el mejor uso posible del lenguaje.

### SOBRE LA ARGUMENTACIÓN

En el prefacio de la edición del año 2003 de su *The uses of argument* Toulmin indica que su intención original al escribirlo en 1958 era criticar la suposición de muchos filósofos angloamericanos de que cualquier argumento significativo debería expresarse en términos formales. Con este punto de partida el contraataque de los filósofos académicos fue contundente y terminaron ignorándolo. Sin embargo pocos años después fue redescubierto en los Estados Unidos por los especialistas en comunicación donde se convirtió en todo un hito. Desde entonces el denominado «modelo de Toulmin» de argumentación ha sido motivo de una gran cantidad de artículos, libros y cursos. La importancia del lenguaje y la argumentación en la enseñanza de las ciencias fue manifiestamente reconocida hace más de una década (Lemke, 1990; Sutton, 1997; Jiménez-Aleixandre, 1998) y su papel protagónico en la enseñanza de las ciencias fue defendido por Driver:

«Si el objetivo central de la educación en ciencias es persuadir a los alumnos a buscar evidencias y razones para las ideas que tenemos y considerarlas seriamente como guías para la certidumbre y la acción, entonces al basarnos en la autoridad tradicional no sólo caricaturizamos las normas de la argumentación científica sino que también distorsionamos la naturaleza de la autoridad de la ciencia» (Driver, 1999, p. 291).

Una vez que para ella, pionera en la investigación sobre las «ideas previas» de los alumnos: «La actividad principal de los científicos es evaluar cuál de entre dos o más modelos rivales encajan con la evidencia disponible y por lo tanto cuál representa la explicación más convincente para determinado fenómeno en el mundo» (Driver, 1999, p. 296).

Como lo han demostrado Latour y Wolgar (1995), en su minuciosa descripción del trabajo de investigación en los laboratorios de ciencias, lo que hacen los científicos es aclarar de entre diversos y muchas veces confusos resultados aquéllos que parecen ser los más relevantes para resolver el problema en el que están trabajando. Para hacerlo argumentan, una y otra vez entre ellos, hasta que una postura resulta ser suficientemente convincente para todos. La práctica de la ciencia (Hodson, 1994) requiere

de una argumentación racional. Lo anterior plantea un problema particularmente para aquellos docentes relacionados con la enseñanza de las ciencias. Ellos que eran los que tenían la exclusividad del saber, hoy la han perdido o la están perdiendo ante la explosión de más y mejor información que hay en libros, vídeos, museos, computadoras e Internet (Chamizo, 2000a). Ante unas demandas que cambian y que requieren que sus estilos también lo hagan, muchos docentes se encuentran delante de una crisis de identidad y se repliegan a su posición de autoridad.

Contra esta respuesta simple, que contraviene también la tradición del pensamiento científico, hay que enseñar a los alumnos a argumentar de manera competente, para ello hay que proporcionarles las herramientas y la práctica necesaria para que puedan hacerlo. Por ello hay que argumentar en las aulas. Como Kress ha indicado (1998) el mundo *no habla por sí mismo* particularmente cuando el maestro trata de convencer a sus alumnos, por ejemplo, de que la materia es discontinua, o que el movimiento de los objetos es permanente o que por más que estiremos el cuello no nos crecerá como a las jirafas.

Ya hay una enorme cantidad de evidencia aportada por la investigación educativa sobre las *ideas previas* de las personas y de las dificultades que hay que enfrentar para transformarlas (Ideas previas, 2002; Kind, 2004). Así, no es suficiente con reconocerlas y enunciar las ideas *correctas* (de hecho éste es un frecuente error en el que caen muchos docentes ante la exigencia social de transmitir *la verdad*), hay que iniciar un largo, intenso y creativo proceso de intervención en el aula en el cual la argumentación, como ya se ha demostrado, es sin duda importante (Driver, 2000). El anterior es un camino complejo ya que prescindir de la autoridad es difícil, porque deja al docente impotente, o con la única potencia que él es capaz de crear.

### ARGUMENTOS

De acuerdo con el Diccionario de la Real Academia Española de la Lengua un *argumento* es un *razonamiento que se emplea para probar o demostrar una proposición*,

*o bien para convencer a alguien de aquello que se afirma o se niega.*

El silogismo fue una de las aportaciones de Aristóteles a la cultura occidental como una forma lógica de argumentación y que consiste en dos proposiciones y una consecuencia. La primera proposición se denomina mayor o general, mientras que la segunda se llama menor o particular. De estas dos proposiciones se construye la deducción. Un ejemplo de silogismo clásico es: todas las sustancias están constituidas por átomos (primera proposición); el agua es una sustancia (segunda proposición); por consiguiente, el agua está constituida por átomos.

A pesar de que esta forma de argumentar aún se utiliza en la actualidad, tiene un gran problema basado en su pretensión de universalidad que no siempre se puede sustentar y que se encuentra presente en la proposición mayor o general. Por ejemplo el silogismo: todos los ácidos contienen oxígeno (proposición mayor), el ácido muriático (HCl) no contiene oxígeno (proposición menor); por consiguiente el ácido muriático no es un ácido... es para cualquier estudiante de química inaceptable. Por la anterior razón John Stuart Mill a mediados del siglo XVIII consideró a los silogismos estériles y propugnó por la inducción, como la forma científica de conocer.

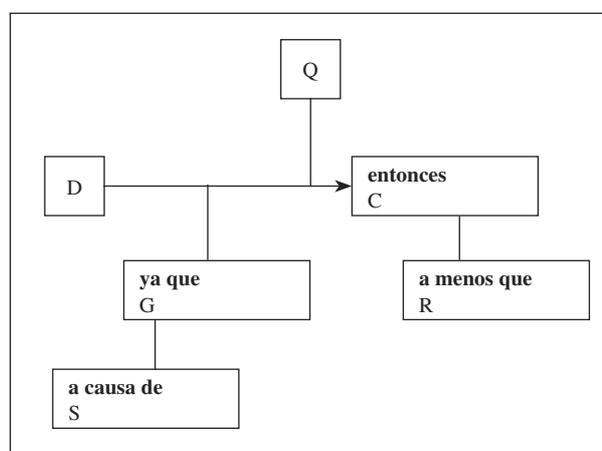
Hay diferentes formas de argumentar según el campo del saber en el que se construye el argumento (las ciencias, las matemáticas, el derecho, la ética). Sin embargo para Toulmin (2003), hay partes de los argumentos que son generales para todos los campos (y que son las que aquí revisaremos) y otras particulares a cada campo.

Cuando una persona hace una afirmación, y se compromete con lo que asevera su dicho, la seriedad con la que los demás tomen dicha aseveración dependerá de varios factores, por ejemplo su reputación, su edad, o sus títulos académicos, políticos o religiosos. Sin embargo, a pesar de lo anterior, la mejor forma de determinar si una afirmación debe ser considerada seriamente es revisando la base en la que se sustenta, desafiando sus *creencias* y solicitando un argumento que la avale. Así, en principio, como un argumento es el conjunto de razones que se dan a favor o en contra de una aseveración, cuando la afirmación es puesta en duda, la persona que la hizo podrá apelar a los hechos y presentarlos para demostrar lo que ha dicho. Tomando en cuenta lo anterior Toulmin distingue entre la conclusión (C) del argumento y los hechos a los que apelamos como sustento de nuestra conclusión, los datos (D).

Ahora bien, la conclusión de un argumento puede ser cuestionada no sólo a partir de los datos que la apoyan sino, por ejemplo, sobre cómo se llegó, con esos datos, a tal conclusión. Así, la tarea ya no es traer a colación más datos sino ciertas reglas o mejor, afirmaciones hipotéticas que funcionen como puentes entre los datos y la conclusión. Estas afirmaciones suelen ser de la forma: «dados los datos D se puede aceptar que C». Toulmin llamará a estas reglas o principios, «garantías» (G). Con lo anterior se tiene el primer esquema que permite analizar los argumentos. Toulmin simboliza con una flecha la

relación que hay entre los datos (D) y la conclusión (C) que sustentan. Por otro lado, Toulmin indica la garantía (G) que apoya tal vínculo entre datos y conclusión, escribiéndola debajo de la flecha. En la figura 2 se muestra lo anterior incluyendo las mismas aseveraciones utilizadas en el ejemplo del silogismo. He aquí una de las grandes ventajas para la enseñanza de las ciencias del modelo de argumentación de Toulmin, que requiere, de manera general, para alcanzar una conclusión (o como se discutirá más adelante para refutarla), el empleo coordinado de la teoría (G) y de la evidencia empírica (D).

Figura 2  
Datos, garantía y conclusión de un argumento.



Hay que hacer notar que en los argumentos se apela explícitamente a los datos para justificar una conclusión. A la garantía se apela implícitamente. Las garantías, además, son generales y certifican la validez de todos los argumentos de un mismo tipo y son establecidas de forma muy distinta a los hechos que usamos como datos para sustentar nuestras conclusiones. Así, y esto es crucial, si en un campo de argumentación algún interlocutor no acepta ninguna de nuestras garantías, entonces será imposible someter los argumentos del campo en cuestión a cualquier tipo de valoración racional. Si en el aula estamos dispuestos a tener una argumentación racional hay que establecer de antemano la aceptación de las garantías.

Ambas formas de argumentar, en los silogismos y en el modelo de Toulmin, consisten en principio de tres partes. La conclusión para Toulmin es la deducción del silogismo, mientras que los datos o la evidencia corresponden a la premisa menor y la garantía, a la premisa mayor.

A pesar de las similitudes, las diferencias son muy importantes y en eso estriba su valor en el terreno educativo. Una tiene que ver con el lenguaje. En el modelo de Toulmin el uso de la palabra *garantía* indica que la validez de la proposición debe ser establecida para garantizar efectivamente la conclusión. Como ya se

dijo, representa el acuerdo mínimo del cual partir. Es el puente necesario para pasar de los datos a la conclusión una vez que, volviendo al ejemplo antes enunciado, deja clara la razón por la cual se puede afirmar que el agua está constituida por átomos. La garantía al responder a la pregunta ¿cómo llegamos aquí? obliga a los estudiantes a reconocer y evidenciar la *certeza* de los datos que están utilizando para llegar a una conclusión.

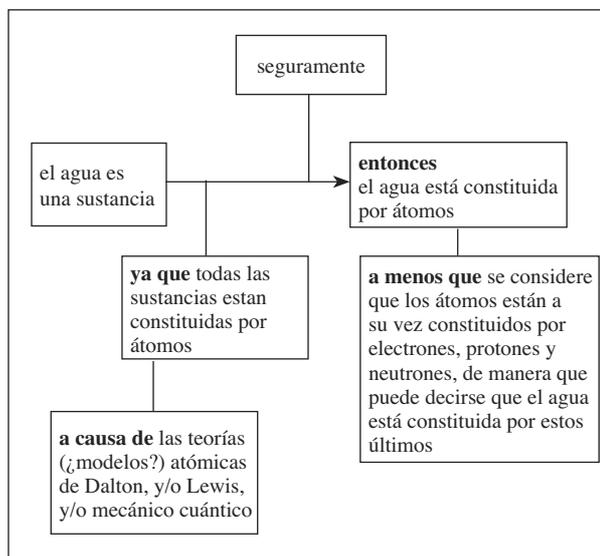
Asimismo el uso de datos por Toulmin, en lugar de la aristotélica premisa menor, le indica a la persona que argumenta que requiere de evidencia empírica. En el proceso de aprendizaje esta parte es fundamental una vez que ancla, metafóricamente, la discusión al responder a la pregunta ¿qué tenemos? Finalmente la conclusión puede construirse como la respuesta a la pregunta ¿qué se está tratando de probar? Así a partir de tres preguntas diferentes los alumnos están en condiciones de argumentar de acuerdo con la secuencia de pensamiento: a partir de lo que tenemos, qué se quiere probar y cómo podemos hacerlo, o también qué se quiere probar, a partir de lo que tenemos y cómo podemos hacerlo.

Otra diferencia tiene que ver con la forma en la que se presenta a los alumnos el modelo de Toulmin, a partir de un esquema en el que se sugiere que el argumento va de los datos a la conclusión apoyado por la garantía. Contra este movimiento el silogismo aparece estático.

La última e importantísima diferencia entre los silogismos y el modelo de Toulmin reside en que, además de las tres partes básicas comunes a ambos, Toulmin añade otras tres que permiten matizar y precisar los alcances de la conclusión y que por lo mismo son de tremenda utilidad en las aulas. Hay que señalar que hay varios tipos de garantías y que cada una confiere distintos grados de fuerza a la conclusión que justifican. Así, dados los datos apropiados, algunas garantías permiten afirmar *necesariamente* una conclusión, mientras que otras llevan a conclusiones de manera tentativa o con algunas restricciones o excepciones. Con estas últimas se usan calificativos como *posiblemente* o *probablemente*.

Por lo anterior, habrá que mostrar explícitamente el grado de fuerza que los datos confieren a la conclusión en virtud de la garantía que se aporta. Para ello se utiliza un calificativo modal (Q), pero también excepciones y condiciones de refutación (R). Estos últimos son distintos a la garantía pues lo que hacen es comentar de forma implícita el alcance que tiene la garantía al apoyar el paso que se da entre datos y conclusión. Los calificativos modales indican el grado de fuerza que la garantía confiere al paso, y las excepciones y condiciones de refutación indican las circunstancias en que la autoridad general de la garantía tendrá que ser hecha a un lado. Hay sin embargo un punto débil, no ya sobre el sustento de la conclusión, sino sobre la garantía que avala el paso desde los datos hasta la aseveración final. Por ello también la garantía debe tener sustento (S). Este sustento variará de un campo de la argumentación a otro. Así un esquema completo, con su respectivo ejemplo, quedará como se muestra en la figura 3.

Figura 3  
Esquema completo de un argumento.



El sustento de la garantía es bien distinto a la garantía. Esta última es una afirmación hipotética que sirve como puente entre los datos y la conclusión. En cambio, los sustentos de las garantías pueden ser expresados como afirmaciones categóricas de hechos, de manera muy similar a como se presentan los datos que apoyan las conclusiones.

Actualmente se ha reconocido que la argumentación es importante en el desarrollo de la ciencia (Lawson, 2003) y que el público en general puede participar en los debates en torno a la ciencia y/o el medio ambiente si sabe argumentar de manera adecuada (Jiménez-Aleixandre, 2002; Osborne, 2004). Por ello el modelo de argumentación de Toulmin ha tenido una amplia y reciente repercusión, desde la creación literaria hasta en asuntos relacionados con la enseñanza de las ciencias (Sardà y Sanmartí, 2000; Jiménez-Aleixandre, 2000; Zohar, 2002; Erduran, 2004). Aquí hay que resaltar el reciente proyecto inglés IDEAS (Osborne, 2004a). Tradicionalmente las actividades escolares se han centrado en el aprendizaje de los conceptos. El proyecto IDEAS (Ideas, Evidence and Argument in Science) sin olvidar su importancia le da prioridad a otras tres metas: cognitivas; al involucrar a los estudiantes en la construcción y evaluación de argumentos, les permite construir habilidades de pensamiento científico; epistemológicas, que a partir de las *ideas previas* de los estudiantes se desarrollan alrededor de la pregunta ¿cómo sabemos qué?, con lo que se busca la evidencia para reconocer que una idea es correcta o equivocada; y las metas sociales, al diseñar las actividades de manera grupal requiriendo que los alumnos desarrollen de manera adecuada el lenguaje científico, particularmente escribiendo sus argumentos. IDEAS obliga a cambiar la forma tradicional del trabajo docente, por lo que sus creadores lo han acompañado de toda una gama de materiales para los docentes. Entre ellos, registros de

aprendizaje que permiten evaluar la calidad de los argumentos escritos por los estudiantes, tabla 3. Los primeros resultados de la aplicación de este proyecto en las aulas (Osborne, 2005), involucrando a alumnos y profesores británicos en «el aprendizaje de la argumentación y en la argumentación para aprender», indican que a través de la argumentación los alumnos no aprenden más conceptos científicos, pero sí que los aprenden mejor. Trabajando en los Estados Unidos con docentes a los que se les solicita que empleen la argumentación en sus aulas, Erduran (2005), encuentra que se requiere un cuidadoso balance entre la presión ejercida por las instituciones (directores, otros docentes, padres de familia, etc.) para tomar riesgos en cuanto a la forma de enfrentar el aprendizaje y su capacidad profesional para hacerlo. En esta nueva práctica educativa los docentes deben contar con suficientes materiales y conocer estrategias didácticas adecuadas para alcanzar el éxito. Como ya se dijo antes, prescindir de la autoridad es difícil, porque deja al docente impotente, o con la única potencia que él es capaz de crear, sin embargo si lo que se busca es desarrollar en los alumnos habilidades de pensamiento científico, el camino de los dogmas y las verdades absolutas está vetado.

**SOBRE LA COMPRENSIÓN HUMANA EN GENERAL Y LA CIENCIA EN PARTICULAR**

Hoy difícilmente podríamos concebir la ciencia sin considerar su historia. Historia llena de luchas, denuncias y vueltas a empezar que ha cambiado al mundo. De errores que generaron verdades, de evidencias que dejaron de serlo, de esperanzas y de frustraciones. Ha sido una larga lucha contra el sentido común y contra el principio de autoridad civil y religiosa a lo largo del tiempo. Pode-

rosa en su capacidad de transformación y explicación del mundo, la ciencia también es frágil en la medida que lo son las obras de las sociedades humanas (Chamizo, 2000).

Así resulta muy difícil, si no es que imposible, discutir sobre la ciencia en las aulas sin considerar su historia. Por ello y resultado de una profunda y relativamente reciente reflexión filosófico-epistemológica sobre la ciencia misma, en los últimos años se ha reconocido la importancia de incluir en su enseñanza aspectos de su historia y filosofía (Duschl, 1994; Matthews, 1994; Alambique, 1996; Erduran, 2002; Izquierdo, 2003), donde resulta central la idea que de la ciencia tienen tanto los alumnos como los profesores (McComas, 2000). Sobre las aportaciones de Toulmin a este asunto trata el presente apartado.

Prácticamente a todos los niveles educativos la enseñanza de la ciencia se ha reducido a transmitir *el conocimiento* sin permitir a los estudiantes reconocer cuáles son las actividades propiamente *científicas*. Recientemente ha quedado claro que las visiones deformadas y parciales de la ciencia (individuos aislados con ideas extraordinarias surgidas de la nada) transmitidas por la enseñanza son muchas, variadas y relacionadas entre sí (Tabla 4). También que si se quiere cambiar esto es fundamental modificar las ideas que de la ciencia tengan los profesores.

A pesar de las manifiestas diferencias mostradas en la tabla 4 se puede reconocer que muchas de estas ideas están centradas, sin embargo, en aquella postura positivista contra la que se opuso Toulmin. La aproximación histórica al conocimiento científico tiene, además de él mismo, en Kuhn y Lakatos a dos de sus principales protagonistas.

Tabla 3  
Registro de aprendizaje para evaluar los argumentos (Osborne et al., 2004a).

NIVEL	CARACTERÍSTICAS
1	Los argumentos son únicamente una conclusión contra otra conclusión.
2	Los argumentos tienen conclusiones, y además o datos, o garantías, o sustento, pero no refutaciones.
3	Los argumentos tienen conclusiones, y además o datos, o garantías, o sustento, e incluyen una refutación débil o poco clara.
4	Los argumentos son completos y la refutación es clara.
5	Los argumentos son extensos y completos, avalados de manera contundente por los datos, las garantías y el soporte y presentan más de una refutación.

Tabla 4  
Visiones deformadas de la ciencia transmitidas por la enseñanza (Fernández et al., 2002).

- Visión empiroinductivista, ateorica
- Visión rígida (algorítmica, exacta, infalible)
- Visión aproblemática y ahistórica (ergo dogmática y cerrada)
- Visión exclusivamente analítica
- Visión acumulativa de crecimiento lineal
- Visión individualista y elitista
- Visión socialmente descontextualizada

Kuhn (1971) concibe el crecimiento racional de la ciencia a través de periodos sucesivos de ciencia normal en los que las comunidades de científicos comparten un mismo paradigma interrumpidos por revoluciones en las que otro paradigma completamente diferente reemplaza al que se venía utilizando y que propone problemas nuevos para que la investigación los dilucide. Kuhn ofrece como mecanismo para escoger entre un paradigma u otro su capacidad para resolver problemas o la simplicidad, lo que resulta muy difícil de hacer, de manera racional, para un determinado científico y que recibe respuestas diferentes provenientes de diferentes expertos.

Lakatos (1975) tiene una concepción de la ciencia centrada en los proyectos de investigación (constituidos por un núcleo, un cinturón protector y una heurística) a los que analiza de forma incisiva. De manera simplificada, para Lakatos un programa de investigación o bien progresa (cuando cada cambio en el cinturón protector conduce a alguna predicción nueva o útil) o bien degenera (si deja de hacer predicciones inesperadas), sin embargo no logra proporcionar mecanismos consistentes para evaluar el éxito de los programas o algún método para inventarlos racionalmente.

Por su parte Toulmin, autor de importantes libros sobre la historia de la ciencia (Tabla 1), integró sus ideas en un ambicioso proyecto editorial titulado *La comprensión humana*, del que sólo publicó el primero: *El uso colectivo y la evolución de los conceptos*. El feroz ataque que este libro suscitó en el momento de su aparición por muchos de los filósofos reconocidos, seguramente, le obligó a madurar más sus ideas, lo que a la larga le condujo prácticamente a no continuar en esa línea de trabajo, a pesar de que para otros tantos abrió nuevas formas de pensar sobre el desarrollo del conocimiento científico.

El eje central del libro de Toulmin es el *concepto* caracterizado a través de una interacción histórico-social, específica, es decir en un contexto determinado:

«Cada uno de nosotros es dueño de sus pensamientos; pero los conceptos los compartimos con nuestros semejantes [...] y de lo que creemos somos responsables como individuos; pero el lenguaje en que se articulan nuestras creencias es propiedad pública» (197, p. 49).

La ciencia aparece así como una de las diferentes disciplinas intelectuales que las sociedades humanas han construido a lo largo de su propia historia. La unidad de las disciplinas intelectuales, en las que siempre se consideran no sólo los conceptos sino también las personas que los conciben, se debe a las ambiciones intelectuales del grupo que trabaja en ellas y les da forma. En pocas palabras, la unidad de una disciplina intelectual refleja la continuidad impuesta a los problemas que aborda (por ejemplo respecto al concepto de *afinidad* en química ver Éstany, 1990). Este punto de vista es compartido por otros filósofos; por ejemplo Laudan (1986) indica: *El conocimiento científico avanza gracias a la resolución de problemas*. A lo que aquí se podría decir en la línea de una enseñanza racional y razonable: El «conocimiento científico escolar» avanza gracias a la resolución de problemas.

Así, basándose en la historia de la ciencia, Toulmin manifiesta de manera muy clara que las razones prácticas, podríamos adelantar que el entorno, influyen en la evolución de los conceptos científicos.

Los conceptos científicos desarrollados a lo largo de la historia integran una complejidad tal, que es necesario distinguir en ellos tres aspectos diferentes, tres características que permitirán utilizarlos, particularmente en el espacio educativo, de mejor manera:

- 1) el lenguaje
- 2) las técnicas de representación
- 3) los procedimientos de aplicación de la ciencia

Sobre estos tres aspectos hay que hacer algunas precisiones. Respecto al primero Toulmin, influido por Wittgenstein, reconoce que cada teoría tiene su lenguaje propio y cuando se adopta una nueva teoría se adopta también un nuevo lenguaje, mas allá de que algunas palabras en ambas sean las mismas. Las teorías son una visión del mundo: «buscar una forma de lenguaje común a todas ellas, por muy formalizada que esté, es una tarea vana, porque supondría privarlas de su especificidad, de lo que caracteriza a cada una como concepción del mundo, o al menos del ámbito que es objeto de su estudio» (Echeverría, 2003, p. 76). Por ello el significado de los términos científicos, contrariamente a lo que indica el positivismo absolutista con su creencia en una base empírica común a todas las teorías, depende de cada teoría. Lo anterior es relevante en la escuela, por ejemplo recientemente ha sido propuesto que la prácticamente nula relevancia que tiene la enseñanza de la química en la secundaria se debe a que se enseña desde la postura del positivismo lógico (Van Aalsvoort, 2004).

Cuando a las técnicas de representación se refiere, Toulmin opta por los modelos como el lazo entre el mundo y las leyes de la ciencia en una postura que algunos podrían identificar como instrumentalista. Otros filósofos de las ciencias después de él, particularmente R. Giere (1990), continúan trabajando en la misma línea de pensamiento. Por otro lado la importancia de los modelos en la enseñanza de la ciencia es un asunto aceptado (Gilbert, 2000).

Estas dos características de los conceptos se refieren a aquellos aspectos simbólicos de la explicación científica –esto es, la actividad científica que llamamos explicar–, una de las formas en las que hacemos públicos nuestros pensamientos, una de las formas en las que una generación le transmite a otra el contenido de una ciencia, una *enculturación*.

Aquí Toulmin retoma una de sus anteriores ideas acerca del que es uno de los objetivos principales de la ciencia: explicar el mundo. Así indica:

«Un enfoque de la explicación basado en los procedimientos facilita la comprensión del proceso histórico por el cual los conceptos científicos se transmiten de una generación a la siguiente [...] el contenido de una ciencia se transmite de una generación a la siguiente por un proceso de enculturación. Este proceso supone un aprendizaje, por el cual ciertas habilidades explicativas se transfieren, con o sin modificación, de una generación más vieja a otra más joven. En este aprendi-

zaje, el núcleo de la transmisión –el elemento primario que debe ser aprendido, probado, aplicado, criticado y cambiado– es el repertorio de técnicas, procedimientos y habilidades intelectuales y métodos de representación que se emplean para dar explicaciones de sucesos y fenómenos dentro del ámbito de la ciencia involucrada. Para mostrar públicamente –y probar– su comprensión de los poderes explicativos de su ciencia, el recién llegado debe, ante todo, aprender cómo y cuándo aplicar esas técnicas y procedimientos de modo de explicar.

»Así, son los procedimientos y técnicas de una disciplina científica los que forman sus aspectos comunales –y aprendibles– y, por ende, los que definen el conjunto representativo de conceptos que constituyen la transmisión colectiva de la ciencia» (1977, p. 168).

Por ello los conceptos sólo tienen un uso genuinamente explicativo cuando se aplican en el mundo, lo cual es relevante en la educación. Considerar como innovador que la ciencia siempre se desarrolla en contexto, sólo tiene sentido desde una postura filosófica (lógico-positivista) en la que la ciencia se considera separada de la sociedad que la construye y en la que se manifiesta culturalmente (Chamizo, 2005). Así el tercer aspecto (los procedimientos de aplicación de la ciencia) comprende el reconocimiento de situaciones a las que son apropiadas estas actividades simbólicas, el entorno. En el aprendizaje de una ciencia, el aprendiz debe aprender también dónde aplicar los aspectos simbólicos de los conceptos, a construir modelos que mejor encajen con el mundo:

«La reorganización conceptual de nuestra comprensión científica nos exige prestar atención a los hechos empíricos, sin duda; pero no meramente con la intención de informar sobre hechos o siquiera generalizar acerca de ellos. Nuestra meta es, en cambio, construir una representación mejor, nomenclaturas mejores y procedimientos explicativos mejores para dar cuenta de los aspectos importantes de la naturaleza y discernir con mayor precisión en qué condiciones y con qué grado de exactitud la representación resultante puede aplicarse a la explicación de la naturaleza del mundo tal como lo encontramos» (1977, p. 194).

Finalmente Toulmin caracteriza un problema a través de la relación:

problemas = ideales explicativos – capacidades corrientes

Así llega a proponer cinco tipos de problemas conceptuales presentes en las disciplinas científicas:

- extensión de nuestros procedimientos actuales a nuevos fenómenos
- mejoramiento de las técnicas para abordar fenómenos conocidos
- integración intradisciplinaria de las técnicas en una sola ciencia
- integración interdisciplinaria de técnicas de ciencias vecinas
- resolución de conflictos entre ideas científicas y extra-científicas

Los problemas y su resolución, ya sean teóricos o experimentales, tienen una larga tradición en la enseñanza de las ciencias (Alambique, 1995; Bodner, 2002; Bodner, 2005) y hoy son motivo de diversas estructuras curriculares, particularmente en la conocida como Aprendizaje por Resolución de Problemas (PBL por sus iniciales en inglés), donde se indica que aquellos estudiantes que tradicionalmente memorizan información, resuelven ejercicios y repiten lo que sus maestros les dicen no están preparados para el tipo de aprendizaje que les depara el mundo, donde se aprende aplicando su conocimiento resolviendo problemas (Knowlton, 2003).

En la literatura especializada establecer la diferencia entre un problema y un ejercicio ha sido en sí mismo un *problema*. Bodner (2002) apela a que la diferencia está en la experiencia del que resuelve, asunto que no necesariamente comparten otros investigadores (Chi, 1981; Camacho, 1989). Esta dificultad desaparece utilizando la propuesta de Toulmin, como lo ha demostrado Izquierdo (2005). Se tiene un problema cuando están presentes los tres aspectos que caracterizan a los conceptos, si uno de ellos está ausente lo que se tiene es un ejercicio. En la tabla 5 se ejemplifica lo anterior: tomados de un libro de química general (Garritz, 2001) se encuentran presentes tanto actividades teóricas (1, 2, 5, 6) como experimentales (3, 4), ejercicios (1, 2, 4, 6) y problemas (3, 5) (Chamizo, 2006). Bajo el mismo marco teórico es posible reconocer y construir problemas para aprender (Izquierdo, 2005a). En términos educativos si cada alumno enfrenta en cada curso nuevos problemas –que no ejercicios– en su propio contexto y está en posibilidades de pensar y comunicar a otros alumnos (y al profesor) el procedimiento para resolverlos, estará aprendiendo ciencia. En esto reside la ciencia escolar (Izquierdo et al., 1999).

El planteamiento de Toulmin de abordar la comprensión humana como la suma de varias empresas racionales en evolución le permite considerar bajo el mismo esquema tanto a la ciencia como a la tecnología, asunto que a los puristas académicos les cuesta mucho trabajo hacer. Para él las artesanías y tecnologías profesionales especializadas tienen tanto derecho como las ciencias a ser llamadas *disciplinas* y comparten los mismos tipos de cambio histórico. Así:

«El elemento fundamental de una disciplina colectiva es el reconocimiento de un objetivo o ideal sobre el que existe suficiente acuerdo y en términos del cual es posible identificar los problemas comunes principales. Cuando este objetivo común es de carácter explicativo, la disciplina es científica [...] A este respecto, la herrería, en tanto una actividad profesional disciplinada como la cristalografía, la medicina tanto como la fisiología, la ingeniería electrónica tanto como la física atómica. Por naturaleza los ideales colectivos que gobiernan el desarrollo tecnológico no son explicativos, ni en las intenciones ni en los efectos. En cambio son prácticos, por estar dirigidos a mejorar las técnicas para producir y distribuir materiales, vehículos, medios de comunicación, información, etc. Correspondientemente, la transmisión de una técnica en desarrollo histórico comprende no una población cambiante de teorías y conceptos, sino una población cambiante de recetas y diseños, técnicas y procesos de fabricación y otros procedimientos prácticos» (1977, p. 370).

Tabla 5  
Ejemplos de ejercicios y problemas utilizados en un curso de química general  
(L = Lenguaje; R = Representación; A = Aplicación) (Garritz, 2001).

EJERCICIOS Y PROBLEMAS	ASPECTOS DISTINGUIBLES DE LOS CONCEPTOS CIENTÍFICOS		
	L	R	A
1) Una muestra de helio ocupa 400 mL a una presión de 500 torr. ¿Cuál será su volumen cuando se duplique la presión a la misma temperatura?	✓	✓	
2) La anilina o fenilamina sirve para teñir telas. Se puede obtener por la reducción del nitrobenzono con hierro metálico, en ácido clorhídrico. Asigna con cuidado los números de oxidación en los átomos de la anilina.	✓	✓	
3) ¿Cuál es el contenido de alcohol de las principales cervezas mexicanas?	✓	✓	✓
4) Hierve media taza de agua e introduce en ella una bolsa de té negro durante unos minutos. Extrae la bolsa de té. Divide el té en cantidades iguales entre dos vasos de cristal. Agrega a uno de los vasos unas gotas de limón (un ácido). Disuelve en el otro unas gotas de los productos empleados para destapar caños (una base). Compara el color de ambos vasos.	✓	✓	
5) La hidrólisis parcial de un polipéptido arrojó los siguientes fragmentos: (Glu-Ser), (Glu-Ser-Phe), (Ile-His-Leu-His-Ala- Glu), (Phe-Gly-Ala). ¿Cuál es el polipéptido? ¿Cuál su fórmula mínima? ¿Por qué se obtienen esos fragmentos y no otros? ¿Cuál es la función de ese polipéptido en el metabolismo humano? ¿Cómo se sabe que cumple esa función?	✓	✓	✓
6) Investiga en qué consisten las enfermedades producidas por la carencia o insuficiencia de vitaminas; enfoca sobre todo tu atención a las siguientes: a) Beriberi b) Pelagra c) Escorbuto d) Raquitismo			✓

Tabla 6  
Algunas de las características de la tecnociencia (Echeverría, 2003).

<p>La tecnociencia no es sólo la búsqueda de conocimiento representacional adecuado, sino ante todo:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Un sistema de acciones eficientes basadas en conocimiento científico que transforman el mundo.</li> <li>• Las acciones están desarrolladas tecnológicamente e industrialmente, y ya no versan sólo sobre la naturaleza, también se orientan a la sociedad y a los seres humanos, sin limitarse a describir, explicar, predecir o comprender el mundo, sino tendiendo a transformarlo basándose en una serie de valores.</li> <li>• Los valores son satisfechos, en mayor o menor grado, por la actividad tecnocientífica y por sus resultados; entre dichos valores, la verdad o verosimilitud no ocupan el lugar central, aunque siguen teniendo un peso específico considerable.</li> <li>• Por oposición a la ciencia moderna, la tecnociencia implica no sólo una profesionalización sino una empresarialización de la actividad científica.</li> <li>• La tecnociencia, como la ciencia, también se enseña públicamente, pero a diferencia de esta última el conocimiento y la práctica tecnocientífica tienden a privatizarse.</li> <li>• La tecnociencia no sólo es un instrumento de dominio y transformación de la naturaleza, sino también de las sociedades.</li> <li>• La tecnociencia se inserta en un nuevo sistema de producción, al que podemos denominar postindustrial (sociedad del conocimiento y de la información).</li> <li>• La tecnociencia no se reduce a la razón pura (<i>epistémé</i>), sino que es, además, una modalidad de la razón práctica, puesto que transforma el mundo conforme a criterios, métodos, acciones y objetivos discutibles racionalmente.</li> </ul>
--

La arbitraria separación entre ciencia y tecnología, que tantos dolores de cabeza sigue dando en el diseño de los planes de estudio en prácticamente todos los países, queda así eliminada. Coincidiendo con esta idea, Echeverría (2003) ha introducido una clara caracterización de la tecnociencia (Tabla 6) que rescata en buena medida lo adelantado por Toulmin, particularmente en cuanto a su cuestionamiento a la pureza del conocimiento científico y que ha sido reconocida por Pickstone (2000) como una de las tres formas de conocer a lo largo de la historia. En este

terreno hay que destacar la discusión sobre la racionalidad, una de sus principales y más discutidas aportaciones:

«Lo que señala como racional a la obra de un científico no es su competencia para la manipulación formal de conceptos y argumentos establecidos, sino su disposición a concebir, explorar y criticar nuevos conceptos, argumentos y técnicas de representación, como maneras de abordar los problemas principales de su ciencia. Así, tanto en la ciencia como en la tecnología, las cuestiones

operativas de la racionalidad se plantean con respecto a la justificación de cambios en los procedimientos; y se plantean de modos similares, sean tales procedimientos científicos, esto es, explicativos o representacionales; o sean tecnológicos, es decir, prácticos o técnicos. La diferencia en los productos finales nada tiene que ver con la racionalidad de los cambios mismos [...] las trabas a la racionalidad también son las mismas en la tecnología y en la ciencia: el conservadurismo intelectual, los intereses de individuos dominantes, la administración atolondrada, o demasiado cautelosa y la excesiva rivalidad entre generaciones profesionales» (1977, p. 375).

El severo cuestionamiento de Toulmin a la concepción positivista de la ciencia, centrada en el Círculo de Viena, con su entronización de la axiomatización (particularmente de la física, y más específicamente de la mecánica clásica), como el método para analizar el conocimiento que denominamos *científico*, llevó a muchos adeptos de esta corriente a responder masivamente al ataque. Aunque hoy se reconoce que hay otras formas de abordar el conocimiento científico sin reducirlo a axiomas (por ejemplo en la química los trabajos de Scerri, 2000), Toulmin aceptó de una manera u otra algunas de las objeciones que se le plantearon, particularmente aquéllas relacionadas con la *vaguedad e intensamente metafórica manera de aproximarse al cambio conceptual y el papel que la racionalidad tiene en el mismo* (Suppe, 1979) y no publicó los restantes dos volúmenes sobre *La comprensión humana*.

Tal vez otro de sus detractores, el filósofo D.L. Hull lo aclaró de manera muy transparente (1973) al referirse al texto anterior:

«Lo mejor que ha hecho Toulmin con este volumen es identificar un programa de investigación, que crecerá o caerá dependiendo de que tan bien él y sus colaboradores lo trabajen en el futuro» (Hull, 1973, p. 1.123).

Lamentablemente Toulmin no consiguió aglutinar alrededor de sus provocadoras ideas un número suficiente de seguidores que constituyeran una escuela capaz de convertirse en alternativa a la concepción positivista de la ciencia, sin embargo adelantó una corriente de pensamiento que posteriormente incluyendo desde Kuhn hasta Laudan puede identificarse hoy como racionalismo moderado (Izquierdo, 2000).

Lo anterior es de fundamental importancia para la enseñanza de las ciencias, una vez que, como ya se indicó anteriormente, hay muchas y deformadas visiones de la naturaleza de la ciencia. Aquí el protagonista de su transmisión es el docente y sus propias ideas sobre ella. Fernández y otros (2002) indican sobre este asunto que:

«Las concepciones docentes sobre la ciencia serían, pues, expresión de esa visión común, que los profesores de ciencia aceptaríamos implícitamente debido a la falta de reflexión crítica y a una educación científica que se limita, a menudo, a una simple transmisión de conocimientos ya elaborados» (p. 484).

El conocimiento científico es uno de los mayores logros de la cultura contemporánea. Su avance presenta los

mayores dilemas políticos y éticos de las sociedades modernas por lo que su estudio debe abordarse como una totalidad y no en forma ahistórica y segmentada. El concepto que de *ciencia* tenemos los docentes sigue siendo un asunto central en nuestra enseñanza y aquí Toulmin, con sus ideas contrarias al autoritarismo, apela a una mayor reflexión, un más riguroso discurso y una más amplia esfera de influencia (tecnociencia). En sintonía con lo anterior Laudan sostiene que los científicos pueden, sin modificar sus compromisos metodológicos ni axiológicos, alterar sus compromisos teóricos (Colombo, 1997). En la ciencia es posible cambiar. Este filósofo, en su defensa del avance de la ciencia a través de la resolución de problemas, indica:

«Sin embargo, lo que sí puede decirse es que el modelo (de resolución de problemas) puede acomodar el número más racional de rasgos persistentes del desarrollo científico que las explicaciones prevalecientes de la ciencia consideran como intrínsecamente irracionales. Hasta este grado, promete ser capaz de explicar por qué la ciencia funciona tan bien como lo hace» (1985, p. 293).

## CONCLUSIÓN

En los últimos años, ante las crecientes dudas sobre las formas tradicionales empleadas en la educación, se ha reconocido la importancia de incluir tanto la argumentación como aspectos de la historia y la filosofía de la ciencia en la enseñanza de las ciencias. Al considerar, alrededor de la ciencia y con la ciencia, asuntos como el lenguaje, el contexto histórico-social, el cambio conceptual, los problemas o los valores hacen de Toulmin, paradójicamente, uno de los más influyentes e ignorados precursores en este terreno. En su postura ante las verdades absolutas y de lo eternamente seguro recuperando el lugar de la razón como eje central sobre el que giran lo racional y lo razonable, es y ha sido uno de los principales exponentes del racionalismo moderado, corriente filosófica sobre la que se apoya la ciencia escolar. En su vida ha transitado por muchos caminos, ninguno de ellos ortodoxo. No es el único en asumir estos riesgos. Por ejemplo el reconocido filósofo norteamericano Richard Rorty (1983) pone al descubierto la idea prevaleciente entre muchos filósofos analíticos de que la función última de esta disciplina, que supuestamente descubre, representa o refleja realidades subyacentes acerca de los seres humanos y de las relaciones con el mundo y entre sí, es una imagen de autocomplacencia académica. Rorty insiste en que la filosofía puede pensarse de otras maneras, en particular como una forma de contar historias... En su particular odisea, Toulmin las cuenta.

## AGRADECIMIENTOS

A la ejemplar profesora Mercè Izquierdo y al Departamento de Didáctica de las Matemáticas y de las Ciencias Experimentales de la Universidad Autónoma de Barcelona, cuya magnífica hospitalidad, en un año sabático, me permitió compartir su también particular aventura por el saber.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALAMBIQUE (1996). *Naturaleza e historia de la ciencia*. Barcelona: Graó.
- ALAMBIQUE (1995). *Monográfico sobre la resolución de problemas 5*. Barcelona: Graó.
- BODNER, G.M. y BHATTACHARYYA, G. (2005). A cultural approach to problem solving. *Educación Química*, 16, pp. 222-229.
- BODNER, G.M. y HERRON, J.D. (2002). Problem-solving in chemistry, en Gilbert J.K. et al. *Chemical Education: Towards research-based practice*. Dordrecht: Kluwer.
- CHAMIZO, J.A. (2000). *La ciencia*. México: UNAM.
- CHAMIZO, J.A. (2000a). La enseñanza de las ciencias en México. El paradójico papel central del profesor. *Educación Química*, 11, pp. 132-136.
- CHAMIZO, J.A. e IZQUIERDO, M. (2005). Ciencia en contexto: una reflexión desde la filosofía. *Alambique*, 46, pp. 9-17.
- CHAMIZO, J.A. (2006). Sobre historia, problemas y competencias. *Resoldre problems per aprendre*. EINES, unitat d'innovació docent en educació superior. Barcelona: IDES, UAB. (En prensa).
- COLOMBO, L. (1997). Ideas epistemológicas de Laudan y su posible influencia en la enseñanza de las ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, 17, pp. 327-331.
- DRIVER, R., NEWTON, P. y OSBORNE, J. (2000). Establishing the norms of scientific argumentation in classrooms. *Science Education*, 84(3), pp. 287-312.
- ECHEVERRÍA, J. (2003). *Introducción a la metodología de la ciencia. La filosofía de la ciencia en el siglo xx*. Madrid: Cátedra.
- ERDURAN, S. y SCERRI, E. (2002). The nature of chemical knowledge and chemical education, en Gilbert, J.K. et al. *Chemical Education: towards research-based practice*. Dordrecht: Kluwer.
- ERDURAN, S., SIMON, S. y OSBORNE, J. (2004). Taping into argumentation: Developments in the use of Toulmin's argument pattern in student science discourse. *Science Education*, 88, pp. 915-933.
- ERDURAN, S. y DAUGHER, Z. (2005). Exemplary teaching of argumentation in Science: Case Studies of two Middle School Teachers. *Proceedings of ESERA 2005*. Barcelona.
- ESTANY, A. e IZQUIERDO, M. (1990). La evolución del concepto de afinidad analizada desde el modelo de Toulmin. *Llull*, 13, pp. 349-378.
- DUSCHL, R.A. (1994). Research on the history and philosophy of science, en Gable, D. y Bunce, D. (eds.). *Handbook of research on science teaching and learning*. Nueva York: Macmillan.
- FERNÁNDEZ, I., GIL, D., CARRASCOSA, J., CACHAPUZ, A. y PRAIA, J., (2002). Visiones deformadas de la ciencia transmitidas por la enseñanza. *Enseñanza de las Ciencias*, 20(3), pp. 477-488.
- GARRITZ, A. y CHAMIZO, J.A. (2001). *Química*. México: Pearson.
- GIERE, R. (1990). *Explaining Science, A cognitive approach*. Chicago: University of Chicago Press.
- GILBERT, J.K. y BOULTER, C.J. (2000). *Developing Models in Science Education*. Dordrecht: Kluwer.
- HODSON, D. (1994). Hacia un enfoque más crítico del trabajo de laboratorio. *Enseñanza de las Ciencias*, 12, pp. 299-313.
- HULL, D.L. (1973). A populational approach to scientific change. *Review of Human Understanding*. *Science*, 182, pp. 1.121-1.124.
- IDEAS PREVIAS (2002). <<http://ideasprevias.cinstrum.unam.mx:2048/searching.htm>>.
- IZQUIERDO, M., SANMARTÍ, N., ESPINET, M., GARCÍA, M.P. y PUJOL, R.M. (1999). Caracterización y fundamentación de la ciencia escolar. *Enseñanza de las Ciencias*, núm. extra, pp. 79-92.
- IZQUIERDO, M. (2000). Fundamentos epistemológicos, en Perales, F.J. y Cañal, P. (eds.). *Didáctica de las ciencias experimentales*. Alcoy: Marfil.
- IZQUIERDO, M. y ADURIZ, A. (2003). Epistemological Foundations of School Science. *Science & Education*, 12, pp. 27-43.
- IZQUIERDO, M. y ALIBERAS, J. (2004). *Pensar, actuar i parlar a la classe de ciències*. Materials 150. Barcelona: Universitat Autònoma de Barcelona.
- IZQUIERDO, M. y CHAMIZO, J.A. (2005). Toulmin's concepts and problem characterization in chemistry and chemistry teaching. *Proceedings from 8th International History and Philosophy of Science Teaching Group International Conference*. Leeds.
- IZQUIERDO, M. (2005a). Com fer problemàtics els problemes que no en són prou. Noves temàtiques per als problemes de química. *Resoldre problems per aprendre*. EINES, Unitat d'innovació docent en educació superior. Barcelona: IDES, UAB.
- JIMÉNEZ-ALEIXANDRE, M.P. (1998). Diseño curricular: Indagación y razonamiento con el lenguaje de las ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, 16(2), pp. 203-216.
- JIMÉNEZ-ALEIXANDRE, M.P., RODRIGUES, A. y DUSCHL, R. (2000). «Doing the Lesson» or «Doing Science»: Argument in High School Genetics. *Science Education*, 84(6), pp. 757-792.
- JIMÉNEZ-ALEIXANDRE, M.P. y PEREIRO-MUÑOZ, C. (2002). Knowledge producers or knowledge consumers? Argumentation and decision making about environmental management. *International Journal of Science Education*, 24(11), pp. 1.171-1.190.
- KIND, V. (2004). *Más allá de las apariencias. Ideas previas de los estudiantes sobre conceptos básicos de química*. México: Santillana.
- KNOWLTON, D.S. (2003). Preparing students for Educated

- Living: Virtues of Problem-Based Learning across the Higher Education Curriculum. *New Directions for teaching and learning*, 95, pp. 5-12.
- KRESS, G., OGBORN, J., JEWITT, C. y TSATSALEIS, B. (1998). *Rhetorics of the science classroom: A multimodal approach*. Londres: Institute of Education.
- KUHN, T.S. (1971). *La estructura de las revoluciones científicas*. México: Fondo de Cultura Económica.
- LAKATOS, I. y MUSGRAVE, A. (1975). *La crítica y el desarrollo del conocimiento*. Barcelona: Grijalbo.
- LATOURET, B. y WOOLGAR, S. (1995). *La vida en el laboratorio. La construcción de los hechos científicos*. Madrid: Alianza Editorial.
- LAUDAN, L. (1985). Un enfoque de solución de problemas al progreso científico, en Hacking, I. *Revoluciones Científicas*. México: Fondo de Cultura Económica.
- LAUDAN, L. (1986). *El progreso y sus problemas. Hacia una teoría del crecimiento científico*. Madrid: Ediciones Encuentro.
- LAWSON, A.E. (2003). The nature and development of hypothetico-predictive argumentation with implications for science teaching. *International Journal of Science Education*, 25(11), pp. 1.387-1.408.
- LEMKE, J. (1990). *Talking Science, Language, learning and values*. Norwood, N.J.: Ablex.
- McCOMAS, W.F. (2000). *The Nature of Science in Science Education. Rationales and Strategies*. Dordrecht: Kluwer.
- MATTHEWS, M.R. (1994). *Science teaching: The role of history and philosophy of science*. Nueva York: Routledge.
- NUSSBAUM, E.M. y SINATRA, G.M. (2003). Argument and conceptual engagement. *Contemporary Educational Psychology*, 28, pp. 384-395.
- OSBORNE, J., ERDURAN, S. y SIMON, S. (2004). Enhancing the quality of argument in school science. *Journal of Research in Science Teaching*, 41(10), pp. 994-1.020.
- OSBORNE, J., ERDURAN, S. y SIMON, S. (2004a). *Ideas, Evidence and Argument in Science*. In-service Training Pack, Resource Pack and Video. Londres: Nuffield Foundation.
- OSBORNE, J. et al. (2005). *Symposium learning to argue and arguing to learn*, Proceedings from ESERA. Barcelona.
- PICKSTONE, J.V. (2000). *Ways of knowing*. Manchester: Manchester University Press.
- RORTY, R. (1983). *La filosofía y el espejo de la naturaleza*. Madrid: Ediciones Cátedra.
- SARDÁ, A. y SANMARTÍ, N. (2000). Enseñar a argumentar científicamente: un repte de les classes de ciències. *Ensenyament de les Ciències*, 18(3), pp. 405-422.
- SCERRI, E. (2000). The Failure of Reduction and How to Resist Disunity of the Sciences in the Context of Chemical Education. *Science & Education*, 9, pp. 405-425.
- SUPPE, F. (1979). *The structure of scientific theories*. Urbana: University of Illinois Press.
- SUTTON, C. (1997). Ideas sobre la ciencia e ideas sobre el lenguaje. *Alambique*, 12, pp. 8-32.
- TOULMIN, S. (1977). *La comprensión humana. I El uso colectivo y evolución de los conceptos*. Madrid: Alianza Editorial.
- TOULMIN, S. (2003). *The Uses of Argument*. Cambridge: Cambridge University Press.
- VAN AALSVOORT, J. (2004). Logical positivism as a tool to analyze the problem of chemistry's lack of relevance in secondary school chemical education. *International Journal of Science Education*, 26(9), pp. 1.151-1.168.
- ZOHAR, A. y NEMET, F. (2002). Fostering students' knowledge and argumentation skills through dilemmas in human genetics. *Journal of Research in Science Teaching*, 39, pp. 35-62.

[Artículo recibido en octubre de 2005 y aceptado en agosto de 2006]