

Alambique

Didáctica de las Ciencias Experimentales

**Argumentar
en ciencias**

**Un elemento esencial
para la educación científica
y ciudadana**





[AGENDA 21 BCN]

Número 63, Año XVII
Enero 2010
Publicación trimestral
La suscripción anual incluye 4 revistas
PVP suscripción: Consultar boletín en páginas
interiores

Redacción
C/ Hurtado, 29
08022 Barcelona
Tel.: 934 080 455
Fax: 933 524 337
editorial@grao.com

Dirección editorial
Maruja Caruncho

Gestión editorial
Anna Coll-Vinent, Marta Díaz

Secretaría de redacción
Carme Ramírez

Consejo de dirección
Aureli Caamaño
(IES Barcelona-Congrés, Barcelona)
Pedro Cañal
(Universidad de Sevilla)
Ana Oñorbe
(IES Dámaso Alonso, Madrid)
Emilio Pedrinaci
(IES El Majuelo de Ginés, Sevilla)
Antonio de Pro
(Universidad de Murcia)

Coordinación sección «Recursos en la web»
Mariona Doménech
mdomen11@xtec.cat

Carolina Herzel
carolinaherzel@gmail.com

Juan G. Morcillo
morcillo@edu.ucm.es

Julián Oro
juaro@xtec.net

Nelly Ruiz
nellyjann@yahoo.es

Consejo asesor
Rafael María Álvarez (Instituto Provincial
de Formación de Personas Adultas, Córdoba)
Jean-Pierre Astolfi (UFR- Universidad de Rouen, Francia)
Enrique Banet (Universidad de Murcia)
Alicia Benarroch (Universidad de Granada)

David Brusi (Universidad de Girona)
Adela Castillejos (UNAM, México)
Mauricio Compiani (Instituto Geociencias
UNICAMP, Brasil)
José A. Chamizo (Universidad Nacional Autónoma
de México)
Joaquín Díaz de Bustamante (Universidad
de Santiago de Compostela)
José Fernández González (Universidad
de la Laguna, Tenerife)
Rómulo Gallego (Universidad Pedagógica Nacional
de Bogotá, Colombia)
Andoni Gárriz (UNAM, México)
Daniel Gil (Universidad de Valencia)
Jenaro Guisasaola (Universidad del País Vasco)
Antonio Gutiérrez (Ministerio de Educación, Buenos
Aires, Argentina)
Rufina Gutiérrez (Instituto de Estudios
Pedagógicos Somosaguas, Madrid)
Rafael Hoces (CEP de Granada)
M.ª Pilar Jiménez Aleixandre (Universidad de Santiago
de Compostela)
Claudine Larcher (Institut National de la Recherche
Pedagogique, Francia)
Ana Lía De Longhi (Universidad Nacional
de Córdoba, Argentina)
Rafael López-Gay (IES Nicolás Salmerón y Alonso,
Almería)
Benjamín Marticorena (Universidad Antonio Ruiz,
Perú)
M.ª Jesús Martín-Díaz (IES Jorge Manrique, Tres
Cantos, Madrid)
Isabel P. Martins (Universidad de Aveiro, Portugal)
Vincent Mas (UdPQ, Francia)
Vicente Mellado (Universidad de Extremadura)
Eduardo Mortimer (Universidad de Belo Horizonte,
Brasil)
Roberto Nardi (Universidad Estadual Paulista de
São Paulo, Brasil)
Juana Niedo (Inspección de Educación, Madrid)
Francisco Javier Perales (Universidad de Granada)
Anna M.ª Pessoa (Universidad de Sao Paulo, Brasil)
Juan Ignacio Pozo (Universidad Autónoma
de Madrid)
Mario Quintanilla (Universidad Católica de Chile)
Charlye Ryan (King Alfred College, Winchester,
Reino Unido)
Teresa Salinas (Universidad Ricardo Palma, Perú)
Neus Sanmartí (Universitat Autònoma de Barcelona)
Rita Serafini (Liceo Scientifico G. Alessi, Italia)
Jordi Salbes (Universidad de Valencia)
M.ª Victoria Valcárcel (Universidad de Murcia)
Nara Valeira (Universidad de Córdoba, Argentina)
Agustí Vergès (IES Berenguer d'Anoia, Inca, Mallorca)
Ana M.ª Wamba (Universidad de Huelva)

Edita
Editorial Graó, de IRIF, S.L.

Consejero delegado
Antoni Zabala

Gerente
Julià Jené

Director administrativo
Joaquim Mari

Director comercial
Antoni García Porta

Directora del área de revistas
Glòria Puig

Administración y suscripciones
C/ Hurtado, 29
08022 Barcelona
Tel.: 934 080 464
Fax: 933 524 337
Dirección electrónica:
revista@grao.com

Diseño
Zimmermann Asociados S.L.

Impresión
Liberdúplex
D.L.: B-41.604-2000
ISSN: 1133-9837
Impreso en España

Quedan rigurosamente prohibidas, bajo las
sanciones establecidas en las leyes, la reproducción
o almacenamiento total o parcial de la presente
publicación, incluyendo el diseño de la portada, así
como la transmisión de ésta por cualquier medio,
tanto si es eléctrico como químico, mecánico,
óptico, de grabación o bien de fotocopia, sin la
autorización escrita de los titulares del copyright.
Si necesita fotocopiar o escanear fragmentos de
esta obra, dirijase a CEDRO (Centro Español
de Derechos Reprográficos, www.cedro.org).

ALAMBIQUE. DIDÁCTICA DE LAS CIENCIAS EXPERIMENTALES no
asume necesariamente las opiniones ni los criterios
expuestos en las distintas colaboraciones.

ALAMBIQUE. DIDÁCTICA LAS CIENCIAS
EXPERIMENTALES se incluye en los siguientes
catálogos, directorios y bases de datos: ERIH,
CARHUS, CINDOC (ISOC), DIALNET, IN-RECS,
LATINDEX y REDINED.

Consulta los artículos de esta revista y de los números anteriores en
<http://alambique.grao.com>

La revista ALAMBIQUE. DIDÁCTICA DE LAS CIENCIAS EXPERIMENTALES se distribuye en España y en América.
Encontrará la lista de distribuidores y librerías en www.grao.com

Argumentación y concepciones científicas de los estudiantes Una interpretación y orientación didáctica desde una teoría retórico-argumentativa*

Katerina
Konstantinidou,
Josep M.ª Cerveró,
Marina Castells
Grup GRIEC.
Universitat de Barcelona

En este artículo presentamos unas reflexiones sobre una manera de considerar y de analizar las concepciones científicas de los estudiantes mediante el estudio de las argumentaciones de alumnos en clases de ciencias, que nos permite mejorar nuestra comprensión de estas concepciones y del porqué de su resistencia al cambio. A partir del conocimiento que obtenemos del estudio sobre los argumentos específicos que utilizan los estudiantes, proponemos estrategias didácticas para hacerlos evolucionar en sus ideas y concepciones científicas partiendo de sus propios argumentos.

Palabras clave: *argumentación, concepciones alternativas, enseñanza de las ciencias, teoría retórico-argumentativa.*

Students' arguments and scientific conceptions. A didactic interpretation and orientation from a rhetorical-argument theory

This article presents some thoughts on a way of considering and analysing students' scientific conceptions by studying students' arguments in science classes. This analysis lets us improve our understanding of these conceptions and their resistance to change. Based on the knowledge we get from the study on the specific arguments used by students we put forward some teaching strategies to help students evolve their scientific ideas and conceptions based on their own arguments.

Keywords: *argumentation, alternative conceptions, science teaching, rhetorical-argument theory.*

Concepciones espontáneas y argumentación

El propósito de este artículo es presentar una propuesta de utilización de la teoría argumentativa (TA) de Perelman y Tyteca-Olbrecht (1958) para un tratamiento dialógico y argumentativo de las concepciones previas de los alumnos.

Una de las líneas más prolíficas de investigación en didáctica de las ciencias ha sido la que se ha ocupado de las llamadas ideas previas o alternativas de los estudiantes y de la importante influencia que éstas tienen en el aprendizaje (Driver y otros, 1985; Viennot, 1996; Black y Lucas, 1993). Más de dos décadas de resultados de investigación nos dicen que muchas de las formas de pensar y de las concepciones alternativas de los alumnos son muy difíciles de cambiar (Duit, 1999), a pesar de diversos intentos de aplicación de modelos didácticos que persiguen este cambio. Las diferencias entre conocimiento o cultura común (Guidoni, 1985) y conocimiento científico son, para algunos autores, la causa de la persistencia de las ideas alternativas (Pozo, 1999). Estas

diferencias implican una fricción dialógica y argumentativa entre ambas maneras de mirar e interpretar el mundo, lo que ya puso de manifiesto Galileo (1632) en sus *Diálogos*.

Por otra parte, la construcción de significados, el análisis del discurso, las dinámicas comunicativas y los aspectos retóricos y argumentativos han marcado la investigación y el ajuste del paradigma constructivista de la didáctica de las ciencias en los últimos quince años (Ogborn, 1996; Driver y otros, 2000; Mørtimer y Scott, 2003; Martins, 2002; Osborne y otros, 2004; Erduran, 2006; Castells, 2007; Jiménez-Aleixandre, 2007). Dentro de esta línea de investigación, el grupo GRIEC de la UB ha estado trabajando en diversos proyectos de análisis argumentativo del discurso del profesor y del alumnado en el contexto de resolución de problemas abiertos de temática científica o socio-científica. Los trabajos sobre discusiones entre alumnos han evidenciado, una vez más, la existencia del conocimiento alternativo y su persistencia, y el marco analítico utilizado nos ha brindado la posibilidad de gestar una aproximación distinta al tema. En efecto, entre las múltiples investigaciones que se han llevado a cabo sobre concepciones científicas de los estudiantes, ha habido algunos intentos de identificar patrones generales de razonamiento independientes del contenido y que los estudiantes aplican en actividades con contenidos científicos diversos (Guidoni, 1993; Viennot, 1996). Estos trabajos inducen a pensar que detrás de las concepciones científicas de los estudiantes puede haber una base de razonamiento común, arraigada socialmente y que se manifiesta desde muy temprana edad. Y este razonamiento común, estas formas comunes de razonar, debe manifestarse necesariamente en la argumentación espontánea de los estudiantes.

Esta aproximación al conocimiento previo a través de la argumentación nos ha permitido experimentar una nueva manera de considerar y de analizar este conocimiento, para, primero, poder comprender un poco mejor el porqué de su resistencia al cambio y, segundo, proponer formas de intervención basadas en la práctica argumentativa que, mediante una dinámica dialógica, pretenden reducir la fricción entre ambas formas de conocimiento y favorecer la adhesión del alumnado al conocimiento científico que se le propone.

Marco argumentativo teórico

Si bien la mayoría de investigaciones sobre argumentación en contextos de educación científica han utilizado como marco de referencia el modelo argumentativo teórico de Toulmin (1958), nuestro marco analítico ha surgido principalmente de la teoría argumentativa (TA) de Perelman y Olbretchs-Tyteca (1958), con aportaciones de teorías afines o

complementarias, entre otras de Walton (1996) y Aristóteles (IV aC) (Konstantinidou y otros, 2008).

Son diversos los motivos para usar este marco distinto. En primer lugar, nuestro interés va especialmente dirigido a detectar la diversidad de patrones comunes de razonamiento o esquemas argumentativos y su significado cuando son utilizados en contextos de construcción o aplicación de conocimiento, y es en la TA donde encontramos la clasificación de esquemas más completa. En segundo lugar, el contexto de educación científica básica es cognitivo y comunicativamente plural, muy alejado del de una disciplina formalmente establecida, en la que hay una uniformidad cognitiva entre sus miembros y donde la formalidad y el rigor delimitarían el campo de construcción y comunicación del conocimiento. En educación científica básica, los aspectos retóricos del discurso son de gran importancia, al igual que lo son en la TA, que, ligada a la retórica y dialéctica griegas, es calificada por sus autores como la Nueva Retórica, lo que realza la consideración del auditorio y la finalidad persuasiva, más que demostrativa, de los argumentos. Esta característica no demostrativa de los argumentos nos aporta una última razón para justificar nuestro marco de referencia. En efecto, en el contexto de interacción dialógica que nos interesa, la argumentación o razonamiento plausible no sólo es usual en los alumnos, con pocos conocimientos y habilidades de formalización, sino también en los profesores que quieren conectar con los alumnos. Por otra parte, también el peso del razonamiento plausible en la actividad científica es indudable; no hay más que pensar, por ejemplo, en la elaboración de hipótesis y en la resolución de problemas.

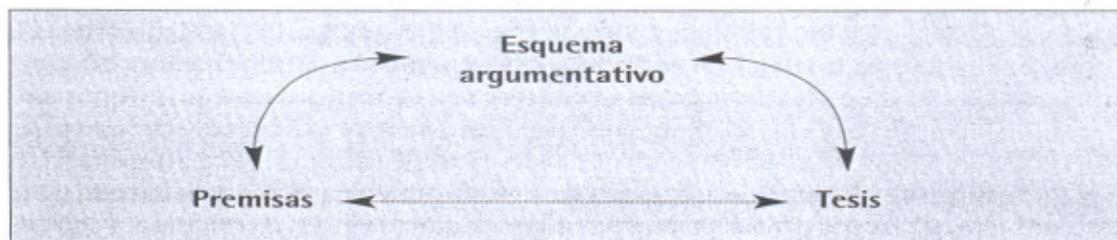
Elementos del análisis argumental en la TA

Nos proponemos en este apartado presentar de manera breve y sintética los elementos que constituyen las herramientas de análisis de la TA.

En un argumento identificamos una tesis que se trata de defender o atacar a partir de unas premisas, explícita o implícitamente acordadas, las cuales se relacionan con la tesis mediante unos procedimientos de asociación y disociación que llamamos esquemas argumentativos (cuadro 1).

En la práctica, las premisas disponibles pueden condicionar el esquema y viceversa, y ambos pueden ser condicionados y condicionar a su vez la posible tesis.

El análisis argumentativo completo, por tanto, concierne, en primer lugar, a la identificación de tesis, premisas y esquemas argumenta-

Cuadro 1. Partes de un argumento y sus interrelaciones

tivos y se complementa con un tratamiento global del discurso como un todo, en que se consideran las interacciones entre argumentos, la amplitud de los mismos y el orden del discurso. En este artículo nos ocupamos solamente del análisis de los argumentos considerados de forma aislada, es decir, prescindiendo de la visión global.

La *tesis* de un argumento es una proposición que tanto puede ser afirmativa como negativa, como expresar una duda o una posibilidad. No acostumbra a ser difícil ponerse de acuerdo en cuál es la tesis. En el contexto que nos ocupa sería la interpretación científica que defendemos.

Las *premisas* son más difíciles de reconocer, porque a menudo están implícitas y deben tener el acuerdo implícito o explícito del auditorio —entendiendo como tal la persona o grupo de personas, reales o virtuales, a quienes va dirigido el argumento, incluida la situación de deliberación consigo mismo—, porque, de no ser así, se convierten en tesis que deben ser argumentadas. El acuerdo en las premisas es fundamental para la validez de un argumento. La TA divide las premisas en dos grandes grupos: a) las que pertenecen al mundo de lo real (hechos, verdades y presunciones) y las que pertenecen al mundo de lo preferible (valores, jerarquías de valores y tópicos o acuerdos de carácter muy general).

Las premisas de hechos y verdades aparecen en todo tipo de actividades de educación científica y serían lo que normalmente entendemos como datos, leyes y teorías. Si las actividades son de temática socio-científica, los valores, las preferencias de valores y los tópicos adquieren gran relevancia. Las presunciones están siempre presentes, pero suelen estar implícitas.

La TA se extiende en importantes consideraciones de indudable interés didáctico acerca del interés de la selección, adaptación y presentación de las premisas, que pueden relacionarse con aspectos de transposición didáctica y técnicas retóricas para facilitar la motivación y adhesión del auditorio. Así mismo, son muy interesantes las consideraciones sobre la interpretación de las premisas, puesto que el acuerdo en los datos no significa que haya acuerdo en su interpretación. Es un

tópico de la didáctica que el alumno puede hacer interpretaciones distintas de la que pretende el profesor (así, donde el profesor interpreta unos rayos de luz que formarán una imagen en un plano, por ejemplo en una cámara oscura, el alumno ve una imagen que se desplaza).

El tercer elemento de un argumento es el *esquema argumentativo*. En la TA se presentan unos esquemas argumentativos que son extraídos de una larga experiencia práctica argumentativa y su valor les viene dado por la aceptación generalizada de su uso y por el acuerdo sobre su validez. Estos esquemas pueden verse, en cierto modo, como modelos de la forma de pensar y tal como son presentados en la TA no es difícil relacionarlos con los procesos que se dan en la enseñanza y aprendizaje de las ciencias, al menos en los niveles de la educación obligatoria.

La TA divide los esquemas en dos grandes grupos que se caracterizan por procedimientos de asociación y de disociación. Estos dos grandes grupos se dividen a su vez en otros grupos y subgrupos que permiten abarcar la mayoría de esquemas que se presentan comúnmente. No entramos aquí en el detalle de todos los esquemas, pero en la parte de los ejemplos comentaremos un esquema específico que se da con gran frecuencia en las clases de ciencias.

Debemos hacer notar que muchos argumentos no se explicitan completamente y quedan ambiguos, cosa que permite que sean interpretados por más de un esquema. Esto dificulta notablemente el análisis argumentativo y a menudo nos movemos entre diversas posibilidades.

Ejemplos de aplicación de la TA a la enseñanza de las ciencias. El esquema de doble jerarquía

Uno de los esquemas argumentativos de la TA que encontramos más a menudo en los alumnos que trabajan en problemas abiertos de física es el de *doble jerarquía* (DJ), que pertenece al grupo de los basados en la estructura de lo real, que responden a cómo pensamos que está estructurada la realidad. En el esquema de DJ se argumenta la *jerarquía en discusión* de una serie a partir de la *jerarquía aceptada* de otra serie más sencilla o familiar, a partir de una relación de proporcionalidad directa o inversa, o, al menos, a partir de una relación término a término entre los elementos de las dos series. Las series pueden ser cuantitativas (por ejemplo, variables físicas) o cualitativas (por ejemplo, nociones). La relación entre las series suele ser implícita, pero expresa, de forma incuestionable, una manera de interpretar la realidad. Todos los enlaces basados en la estructura de lo real (relación de coexistencia, o de causa/efecto, o de hecho/consecuencia, o de medio/fin) pueden servir para fundamentar el argumento de doble jerarquía. En el esquema de DJ las premisas están constituidas por la serie en discusión, la serie aceptada y la relación entre las dos.

Veámoslo con unos ejemplos extraídos de una actividad sobre caída libre y otra sobre flotabilidad.

La caída libre (ejemplo 1)

En este primer ejemplo comentaremos la explicación, por escrito, de un alumno de 1.º de bachillerato sobre una actividad de caída libre que es presentada en forma de una historieta de cómic. El cómic muestra un personaje que escupe desde la ventana y luego salta, llegando al suelo antes que el escupitajo, que impacta en su cara: Se les pide a los alumnos que opinen de manera argumentada sobre la posibilidad, o no, de que lo que presenta el cómic ocurra realmente (véase la actividad 1 en el anexo).

Es posible [que ocurra lo que explica el cómic] por la razón de que el hombre pesa más que el lapo. La gravedad actúa de forma diferente sobre un cuerpo pesado (hombre) y un cuerpo ligero (lapo). Entonces el hombre coge más velocidad y consigue atrapar el lapo e incluso pasarlo, porque el lapo no coge tanta velocidad a causa de su ligero peso.

En esta intervención se pone en evidencia que el alumno ha estudiado la gravedad y en consecuencia la caída libre también. Sin duda, el alumno estudió en su momento que, debido a la gravedad, los cuerpos caen con la misma aceleración; sin embargo, en su comentario trata de argumentar que el hombre coge más velocidad por una diferente actuación de la gravedad sobre los cuerpos. Esta diferente actuación de la gravedad no queda clara, aunque la partícula de enlace «entonces» permite interpretar que la diferente actuación de la gravedad hace que los cuerpos más pesados cojan más velocidad. En nuestra opinión, el alumno utiliza incorrectamente la gravedad como argumento para reforzar con conceptos científicos el que es su verdadero argumento y que, este sí, queda bien especificado: el hombre coge más velocidad que el escupitajo porque pesa más.

En este argumento podemos identificar dos series que corresponden a las variables peso y velocidad. En este caso, la jerarquía en discusión es la de la serie velocidad y la jerarquía aceptada es la de los pesos. La jerarquía obvia de los pesos le permite al alumno jerarquizar la velocidad y expresar una relación de proporcionalidad directa entre peso y velocidad, que para él pertenece incuestionablemente a la estructura de la realidad, es decir, a cómo piensa él que se comporta el mundo real en la caída libre. Aunque no lo explicita, podemos deducir (nuestra experiencia docente lo avala) que la relación que el alumno ve entre las dos variables es de causa (peso) / efecto (caída).

Jerarquía aceptada	Relación	Jerarquía en discusión
Peso - escupitajo → + personaje	La velocidad de la caída es proporcional al peso	Velocidad - escupitajo → + personaje

Este argumento es un tópico de la investigación sobre conocimiento previo de los alumnos en ciencias, que se encuentra en alumnos de diversas edades y se revela muy potente. Efectivamente, en discusiones de grupo hemos detectado que, incluso aquellos alumnos que opinan que el argumento no es correcto porque es contrario a la ley científica de caída, no saben cómo oponerse a él y se muestran vacilantes ante este argumento de sus compañeros.

La estrategia dialógica-argumentativa

Ante esta situación, proponemos considerar la refutación argumentativa para hacer cambiar el punto de vista del alumno. Puede pensarse que el experimento es en sí mismo un argumento suficiente, definitivo, pero nosotros creemos que para ganar en convicción tiene que integrarse en el proceso argumentativo de refutación.

Según la TA, las dobles jerarquías se pueden contraargumentar:

1. Negando la corrección de una de las jerarquías.
2. Negando la relación establecida entre ellas.
3. Mostrando otra doble jerarquía que se opone u obliga a modificar la primera.

El primer tipo de refutación supone que hay un desacuerdo en la jerarquía de alguna de las series. El segundo caso supone, evidentemente, un cambio en la visión de la estructura de lo real que había sido propuesta como base de la doble jerarquía. Y el tercer caso introduce un punto de vista que no se había tenido en cuenta y que modifica también la percepción de lo real, abarcando más aspectos de su complejidad y evidenciando que la primera visión era demasiado simplista. Para nosotros, desde el punto de vista didáctico, es interesante considerar las tres opciones.

Para la opción 1, puesto que la jerarquía de pesos es innegable, cabría sólo negar la de velocidades experimentalmente. Y esto es lo que hemos visto que intentan varios grupos de alumnos, que ponen en evidencia que la experiencia es irrealizable y optan por realizar experiencias semejantes, como dejar caer un escupitajo y una manzana, o una bamba y un bolígrafo y que, ante los resultados que contradicen su argumento, deciden que la experiencia similar no es válida porque las proporciones de los pesos (y a veces también de otras variables) no son las mismas.

Para la opción 2, es necesario que se concrete mejor la supuesta relación entre las series. Es necesario un proceso dialógico con los alumnos para concluir que la relación subyacente se concreta diciendo que la velocidad de caída depende directamente del peso de los cuerpos. A partir de aquí se podrían utilizar actividades experimentales que negasen dicha relación.

Pero creemos que es más interesante considerar el tipo 3 de refutación. En efecto, podemos proponer una DJ opuesta —mayor masa, menor velocidad—, que no resulta controvertida para los alumnos porque se basa en el conocimiento común de que cuanto más masa tiene un cuerpo más cuesta moverlo.

Tenemos, pues, dos DJ, opuestas una a la otra y que se pueden combinar en un argumento de compensación:

Más peso	→	Más velocidad
Más masa (y peso)	→	Menos velocidad

Más peso implica más velocidad, pero más masa (y por tanto más peso) implica menos velocidad: ¿por qué no podemos pensar que los dos efectos se combinan dando como resultado la misma velocidad? El argumento de compensación es familiar para los alumnos y, en este caso, se puede ejemplificar cuantitativamente de manera oral sencilla, suponiendo el caso de que un cuerpo tenga el doble de masa que el otro, y verificarlo experimentalmente, por observación directa, dejando caer dos cuerpos, uno con el doble de masa que el otro.

Evidentemente, la combinación de diferentes argumentos de refutación puede reforzar su valor convincente, del mismo modo que la utilización de ejemplificaciones y verificaciones experimentales.

La flotabilidad de una balsa (ejemplo 2)

Trataremos ahora de dos argumentos típicos obtenidos de las explicaciones de los alumnos sobre una actividad de flotabilidad. La actividad, presentada con dibujos y un texto, relata cómo una balsa, en la que se obliga a subir a un mamut, se hunde en un río. La pregunta es: «¿Por qué se hunde la balsa y qué se podría hacer para que no se hundiera?» (véase la actividad 2 en el anexo).

Como en la actividad anterior, una parte importante de alumnos argumentan una doble jerarquía entre superficie en contacto con el agua y flotabilidad del conjunto o peso que puede aguantar la balsa sin hundirse.

Tomemos, por ejemplo, estas explicaciones escritas de dos grupos de alumnos de magisterio que han llevado a cabo la actividad:

G5: La superficie de la balsa respecto del mamut no es suficientemente extensa para que el agua pueda aguantar el mamut. [...] Si la balsa tuviera una superficie mucho más extensa que la actual, esto no pasaría.

G6: [...] la superficie de la balsa no es suficiente para aguantar el peso del mamut sobre el agua. [...] Nuestra solución es aumentar la superficie de la balsa en contacto con el agua (longitud y anchura), pero no en altura. Cuanta más superficie tiene la balsa, más peso del mamut es capaz de aguantar, y mayor es la fuerza que hace la balsa sobre el agua.

En la explicación de G5, la serie aceptada y familiar es una variable científica cuantitativa –superficie–, y la serie cuya jerarquía está en discusión es una noción cualitativa –aguantar–, con sólo dos valores que son contrarios, aguantar y no aguantar. La jerarquía de la variable superficie le permite al alumno establecer una jerarquía entre aguantar y no aguantar, de manera que con la superficie actual el agua no aguanta y la balsa, con el mamut y el hombre, se hunde; pero, con una superficie mayor (sin especificar a partir de qué extensión), aguantaría y no se hundiría. La relación implícita en que se basa esta jerarquía podemos considerar que es de medio (superficie) / fin (aguantar el peso).

Jerarquía aceptada	Relación	Jerarquía en discusión
Superficie: - → +	Aguantar o no depende directamente de la superficie.	No aguantar → Aguantar

En la explicación de G6, identificamos dos series cuantitativas, superficie y peso, donde la serie superficie permite jerarquizar la serie del peso que se puede aguantar sin hundirse. La relación entre las dos jerarquías podemos deducir que es también del tipo medio (superficie) / fin (aguantar el peso). En esta explicación, sin embargo, no queda explícito cuál es el papel del agua en la situación.

Jerarquía aceptada	Relación	Jerarquía en discusión
Superficie: - → +	El peso que se puede aguantar depende directamente de la superficie.	No aguantar → Aguantar

Nos encontramos, pues, ante dos DJ que, en síntesis, pretenden explicar el fenómeno de la flotabilidad en función de la superficie horizontal en contacto con el agua, pero que son diferentes y que expresan diferencias en la manera de considerar los elementos que intervienen en el problema. Ahora bien, estas diferencias son de forma pero no de fondo y, por tanto, son superables con una actividad dialógica de concreción de las DJ expresadas. En la explicación de G5 sólo tenemos una variable, porque la otra serie es una noción. Pero es una noción que puede relacionarse con una variable: simplemente preguntando qué es lo que aguanta el agua, aparece enseguida la variable peso. Pasar de la noción a la variable ya es una mejora en el tratamiento científico del problema: si tenemos dos variables científicas se facilitan los argumentos que utilizan relaciones cuantitativas.

Por otra parte, en la respuesta del grupo G6 no queda claro cuál es el papel del agua en la situación planteada. Pero tampoco es difícil conseguir que los alumnos expliciten que es el agua la que aguanta el conjunto (la balsa con el mamut y el hombre) y que la relación que proponen es entre superficie horizontal en contacto con el agua y peso del conjunto. Tenemos, pues, un argumento de doble jerarquía entre superficie en contacto con el agua y peso que se puede aguantar flotando.

Jerarquía aceptada	Relación	Jerarquía en discusión
Superficie: - → +	El peso que se puede aguantar flotando depende directamente de la superficie horizontal en contacto con el agua.	Peso: - → +

Estrategia dialógica-argumentativa

Esta DJ no la podemos refutar negando ninguna de las series ni la relación en que se basa, dado que la relación no es incorrecta. Pero sí que podemos introducir experimentalmente otra doble jerarquía: altura sumergida/peso, que se puede combinar con la unificada, de manera que es el volumen sumergido el que determina el peso que se puede aguantar.

Se trata, por ejemplo, de plantear la situación de un prisma de corcho u otro material ligero sobre el cual vamos colocando pesos en orden creciente; la superficie horizontal de contacto con el agua es siempre la misma, pero observamos que la altura sumergida va aumentando y, por lo tanto, cuanto más altura sumergida hay, se aguanta más

peso. La combinación de las dos DJ nos permite proponer la respuesta científica: las dos variables, superficie y altura, se relacionan de la misma manera con el peso que se puede aguantar; por lo tanto, es la variable volumen sumergido la que determina el peso que se puede aguantar flotando.

En resumen, el conocimiento adquirido sobre el argumento de DJ nos proporciona estrategias dialógico-argumentativas para que los profesores puedan, a partir del análisis, utilización o refutación de los propios argumentos de los estudiantes, o de algunos de sus elementos, intentar llevar a los estudiantes hacia las formas científicas de interpretar la realidad.

Conclusiones e implicaciones

Los resultados de nuestras investigaciones sobre las argumentaciones de los estudiantes y las reflexiones que hemos hecho sobre la aplicación de la TA a dos casos concretos confirman nuestra hipótesis de que el estudio de los argumentos de los estudiantes es útil para mejorar nuestra comprensión sobre sus concepciones alternativas, como también sobre su dificultad de cambiar estas concepciones. Además, este estudio nos proporciona estrategias para afrontar estas concepciones alternativas y convencer a los estudiantes de la validez de los modelos científicos mediante una práctica argumentativa que parte de sus propios argumentos.

Por lo tanto, la primera implicación de nuestras reflexiones es la necesidad de mejorar el conocimiento que los profesores tienen sobre las formas comunes de argumentar de sus alumnos en diversos tópicos de las ciencias. La segunda implicación es que a la perspectiva socio-constructivista dominante sobre la enseñanza-aprendizaje de las ciencias habría que añadir la práctica dialógico-argumentativa como parte destacada en los cursos de formación de profesores.

Nota

*Este artículo se basa en investigaciones cofinanciadas por el DIUE – Generalitat de Catalunya (Projectes ARIÉ), referencia 2007ARIE-00041y 2008ARIE0007, y ARCE 2007 y ARCE 2008 de la UB.

Referencias bibliográficas

- BLACK, P.J.; LUCAS, A.M. (1993): *Children's informal ideas in science*. Londres. Routledge.
- CASTELLS, M. y otros (2007): «What can we learn from a Study of Argumentación in the Students Answers and Group Discussion to Open Physics Problems?», en PINTÓ; COUSO (eds): *Contribution for science education research*. Dordrecht. Springer, pp. 427-431.

- DRIVER, R., GUESNE, E.; TIBERGHIE, A. (1985): *Children's ideas in science*. Milton Keynes. Open University Press.
- DRIVER, R.; NEWTON, P.; OSBORNE, J. (2000): «Establishing the norms of scientific argumentation in classrooms». *Science Education*, vol. 84(3), pp. 287-312.
- DUIT, R. (1999): «Conceptual change. Approaches in science education», en SCHNOTZ, W.; VOSNIADOU, S.; CARRETERO, M. (ed.): *New perspectives on conceptual change*. Oxford. Elsevier.
- ERDURAN, S. (2006): «Promoting ideas, evidence and argument in initial science teacher training». *School Science Review*, núm. 87, pp. 45-50.
- GUIDONI, P. (1985): «On natural thinking». *European Journal of Science Education*, núm. 7, pp. 133-140.
- (1993): «Pre-escolar i formació cultural de base a Click científic de 3 a 7 anys». Seminari de Didàctica de la Ciència. Barcelona. Museu de la Ciència de la Fundació de «La Caixa».
- JIMÉNEZ-ALEIXANDRE, M.P. (2007): «El papel de la justificación y de la argumentación en la construcción de conocimientos científicos en el aula», en POZO, J.I.; FLORES, F. (coord.): *Cambio conceptual y representacional en el aprendizaje y la enseñanza de la ciencia*. Madrid. Antonio Machado, pp. 253-264.
- KONSTANTINIDOU, A.; CASTELLS, M.; CERVERÓ, J.M. (2008): «Ens poden ajudar els "tòpics" d'Aristòtil a entendre les formes espontànies de raonar en física i a trobar arguments persuasius per als estudiants?». *Actes d'Història de la Ciència i de la Tècnica*, vol. 1(2), pp. 13-30.
- MARTINS I.; PORTO, C.E. (2002): «Ona o partícula? Argumentació i retòrica en l'aprenentatge de la natura de la llum». *Temps d'Educació*, núm. 26, pp. 237-256.
- MORTIMER, E.; SCOTT, P. (2003): *Meaning making in secondary science classrooms*. Maidenhead, Inglaterra. Open University Press.
- OGBORN, J., y otros (1996): *Explaining science in the classroom*. Buckingham. Open University Press.
- OSBORNE, J., ERDURAN, S.; SIMON, S. (2004): «Enhancing the quality of argumentation in school science». *Journal of Research in Science Teaching*, vol. 41(10), pp. 994-1020.
- PERELMAN, C.; OLBRECHTS-TYTECA, L. (2000): *Traité de l'argumentation. La nouvelle rhétorique*. 5.ª edición. Bruselas. Editions de l'Université de Bruxelles. [1.ª edición: 1958]
- POZO, J.I. (1999): «Sobre las relaciones entre el conocimiento cotidiano de los alumnos y el conocimiento de los alumnos. Del cambio conceptual a la integración jerárquica». *Enseñanza de las Ciencias*, núm. extra., pp. 15-29.
- VIENNOT, L. (1996): *Raisonnement in physics: La part du sens commun*. Pratiques Pédagogiques. París. De Boeck and Larcier.
- WALTON, D. (1996): *Argumentation schemes for presumptive reasoning*. Mahwah, Nueva Jersey. Lawrence Erlbaum.

Anexo

Actividad 1ª de caída libre

Argumenta si lo que relatan las siguientes viñetas puede suceder en realidad.

Actividad 2 de flotabilidad**

Una vez, mientras estaba esperando para coger el ferry, observé cómo un operador de la competencia estaba intentando subir un mamut en una balsa, situada en la orilla del río, que era aproximadamente del mismo tamaño que el animal. En cuanto la balsa, cargada con el mamut y el operario, se deslizó hacia el agua se hundió inmediatamente.

Me quedé asombrado cuando vi lo que había sucedido y acudí enseguida para ofrecer mi ayuda, que fue aceptada enseguida por el mojado operario. Después de un breve interrogatorio a los implicados sobre qué había sucedido, hice unos pocos cálculos y deduje que el espíritu del agua, asustado al ver la pesada carga de la balsa, había apartado el agua de debajo de ella y había provocado su hundimiento.

Argumenta si estás de acuerdo con la explicación que da el personaje del hundimiento de la balsa y, si no lo estás, propón una explicación argumentada.

Notas

* El cómic de la actividad 1 es de una revista de crítica social y política de los años setenta.

** Adaptación de una actividad propuesta en D. MACAULEY Y N. ARDLEY (1995): *Cómo funcionan las cosas*. Eslovaquia. Muchnik, pp. 47-51.

*Dirección
de contacto*

*Marina Castells
Grup GRIEC. Universidad de Barcelona
Marina.castells@ub.es*

Este artículo fue solicitado por ALAMBIQUE. DIDÁCTICA DE LAS CIENCIAS EXPERIMENTALES en julio de 2009 y aceptado en octubre de 2009 para su publicación.