

ENS PODEN AJUDAR ELS TÒPICS D'ARISTÒTIL A ENTENDRE LES FORMES ESPONTÀNIES DE RAONAR EN FÍSICA I A TROBAR ARGUMENTS PERSUASIUS PER ALS ESTUDIANTS?

**AIKATERINI KONSTANTINIDOU; MARINA CASTELLS;
JOSEP M. CERVERÓ**

GRUP DE RECERCA I INNOVACIÓ EN EDUCACIÓ CIENTÍFICA,
DEPARTAMENT DE DIDÀCTICA DE LES CIÈNCIES EXPERIMENTALS
I DE LA MATEMÀTICA, UNIVERSITAT DE BARCELONA.
akonstko7@aet.ub.edu

Paraules clau: *argumentació, concepcions alternatives, educació científica, tòpics*

Are Aristotle's Topics useful tools to understand the spontaneous ways of reasoning in physics and to find persuasive arguments for students?

Summary: The use of Aristotle's classical argumentation, Rhetoric and Topics, in order to understand students' misconceptions and convince them for the scientific ideas is the focus of this paper. These Aristotle's books contain topoi (or topics) which can be considered as argumentative schemes. With these topoi we analyze several secondary school students' preconceptions and recognize the topoi that students base on their arguments. Once the most common topoi were identified, we thought about how using them or other similar argumentative schemes (topoi or moves) to persuade students of the scientific ideas. Our hypothesis is that students should be able to begin to accept that their ideas are insufficient or not adequate to explain natural phenomena when they faced with arguments based on the same common sense on which their own arguments were based on, but in a way that supported scientific points of view.

Key words: *argumentation, alternative conceptions, Science education, topics*

Introducció

Per les recerques fetes sobre idees i concepcions dels estudiants en ciències, sabem que moltes de les idees prèvies que tenen els estudiants en física són molt difícils de fer canviar, fins i tot, si reben un ensenyament que pot semblar adequat i a les classes es fan demostracions experimentals. Els costa entendre i acceptar les, per a ells, «noves» idees científiques. En aquest treball intentem trobar algunes possibles raons d'aquesta forta resistència al canvi i obtenir arguments que siguin ressonants amb els dels alumnes, i que els mestres podrien fer servir per discutir i ajudar els estudiants a començar a dubtar de les seves idees i potser, en alguns casos, persuadir-los¹ dels punts de vista científics.

El nostre acostament es basa principalment en la teoria d'Aristòtil. En els seus treballs, *Tòpics* i *Retòrica*, Aristòtil presenta diferents esquemes argumentatius per raonar i pensar. Ens proposem fer servir els «tòpics» o «llocs» de la teoria clàssica de l'argumentació per a reconèixer els esquemes argumentatius que els nois i noies fan servir més sovint i relacionar-los amb les seves idees prèvies. A partir d'aquí, podem millorar la nostra comprensió de les concepcions alternatives dels estudiants. Comencem amb la mecànica, que és una àrea en la qual les idees dels alumnes són arrelades profundament.

Antecedents

Nombrosos estudis han mostrat la importància per a l'educació científica de les idees o concepcions prèvies dels nens (Driver *et al.*, 1985; Driver, 1986; Hierrezuelo & Montero, 1989). Avui dia, hi ha molts acords, però també algunes discussions sobre aquestes idees. Des de la dècada del 1980, se sap que aquestes idees i concepcions són diferents dels punts de vista científics i que en relació amb alguns temes són especialment difícils de canviar malgrat l'ensenyament rebut. També hi ha discussions, per exemple, sobre la coherència d'aquestes idees i si depenen del context o no. Des de fa uns anys, molts recercadors, consideren que les idees i concepcions són només una part del coneixement espontani dels estudiants, i que hi ha unes estratègies de raonament, més o menys generals, a la seva base o que hi estan relacionades (Andersson, 1986; Viennot, 1996). Investigadors de diferents camps han donat algunes interpretacions per explicar aquestes concepcions, en alguns casos a través d'entitats cognitives com ara «esquemes conceptuals», «p-prims», «models mentals», etc. (Rumelhart, 1980; DiSessa, 1980; Genter & Stevens, 1983; Gutiérrez & Ogborn, 1992). En resum, el que ara tenim clar és que la imatge que ens hem de fer de la ciència dels alumnes i de la forma de canviar-la no pot ser tan simple com en alguns moments havia pogut semblar.

1. Fem servir els termes *persuadir* i *persuasió* en lloc de *convèncer* o *convenciment* per coherència amb la terminologia d'Aristòtil, tot i que avui dia, els dos grups d'expressions puguin tenir un significat diferent en altres perspectives teòriques o ser pràcticament equivalents en el llenguatge comú.

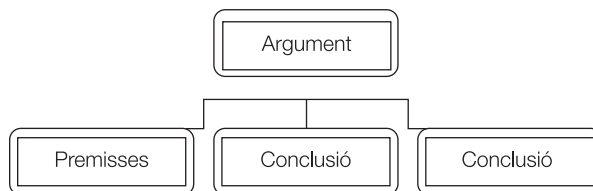
Des de fa uns anys hi ha acord sobre la importància de l'argumentació i la retòrica en la construcció del coneixement científic, i sobre la seva consideració com a característica fonamental de l'activitat científica (Gross, 1990; Prelli, 1989). En efecte, en els seus articles i presentacions orals, els científics intenten convèncer la comunitat de científics de les seves idees mitjançant l'ús de recursos argumentatius i retòrics. A les classes, d'una forma similar, el professor ha de persuadir l'estudiant de la validesa i racionalitat de la visió científica del món (Ogborn *et al.*, 1996; Millar, 1998). L'acord entre professors i teòrics de la didàctica a considerar l'argumentació i la retòrica com a fonamentals en l'aprenentatge del coneixement científic és cada vegada més estès (Khun, 1992, 1993; Duschl & Osborne, 2002). Nombroses recerques s'han orientat a l'anàlisi del discurs argumentatiu en contextos educatius (Kelly *et al.*, 1998; Duschl *et al.*, 1999; Driver *et al.*, 2000; Jiménez-Aleixandre *et al.*, 2000; Erduran *et al.*, 2004). En la majoria d'aquests estudis el patró argumentatiu de Toulmin (1958) ha estat el marc analític que s'ha fet servir més sovint (Jiménez-Aleixandre *et al.*, 2000; Erduran *et al.*, 2004).

En el nostre estudi, com que volem relacionar les concepcions alternatives dels estudiants amb les característiques del pensament de sentit comú de la nostra cultura, intentarem reconèixer en les explicacions dels estudiants esquemes argumentatius que siguin a la base d'aquest sentit comú. Per fer això, pensem que l'ús dels esquemes argumentatius (*topoi*) identificats en temps antics pot ser una tria adequada. Aquests esquemes són els que Aristòtil recull als seus dos llibres bàsics que tracten de l'argumentació, és a dir, *Retòrica* i *Tòpics*. En aquests dos llibres trobem eines d'aquell temps que poden ser útils per a l'anàlisi de les nostres dades.

Argumentació, antecedents històrics i marc teòric de la recerca

D'acord amb Van Eemeren (1996), «l'argumentació és una activitat verbal, social i racional que tracta d'augmentar o disminuir l'acceptabilitat d'un punt de vista controvertit a qui escolta o llegeix (que se suposa és jutge racional), presentant una constel·lació de proposicions per a intentar justificar (o refutar) el punt de vista».

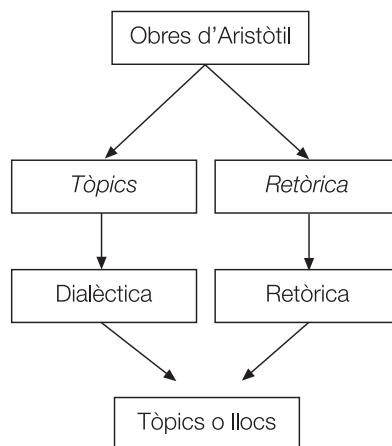
Aristòtil és reconegut com el pare de la teoria antiga de l'argumentació. Per Aristòtil, un argument està format per unes premisses o punts de partida, una conclusió i un esquema argumentatiu que justifica la transferència des de les premisses a la conclusió.



Aristòtil va establir la diferència entre *persuadir* i *convèncer*, conceptes que es relacionen amb els tipus d'argumentació que proposa. Per Aristòtil, l'argumentació pot ser de tres tipus: analítica, retòrica i dialèctica (Van Eemeren & Grootendorst, 1996). Els arguments analítics es basen en la teoria de la lògica, procedeixen inductivament o deductiva d'un conjunt de premisses per a dirigir-se a les conclusions. Aristòtil relaciona la lògica amb el convenciment. La teoria lògica d'Aristòtil es troba en les *Analítiques*. Els arguments retòrics són propis de l'oratória i contenen les tècniques utilitzades per a persuadir una audiència. A l'argumentació retòrica, en contrast amb l'anterior forma d'argumentació, es parteix de premisses versemblants. Els arguments retòrics es troben en el seu llibre de *Retòrica*. Finalment, els arguments dialèctics es donen durant un debat i inclouen raonaments amb premisses que no són evidentment veritat; per Aristòtil, la dialèctica és l'art d'argumentar a favor o en contra d'un punt de vista, amb la pretensió d'arribar a una «veritat» o coneixement. La dialèctica d'Aristòtil es troba als *Tòpics* i a les *Refutacions sofisticades*.

En particular, *Tòpics* és un manual útil per a trobar eines per ajudar en els debats públics sobre afirmacions o punts de vista en presència d'una audiència (Van Eemeren & Grootendorst, 1996). Generalment, en una discussió hi ha els defensors i els refutadors. La clau en la dialèctica és fer que els defensors es contradiguin a si mateixos. Això es fa mitjançant l'ús d'un sistema de «tòpics» o «llocs». Per tant, els «tòpics» són sèries de tècniques argumentatives, és a dir, d'esquemes argumentatius per a ser utilitzats en els debats, però amb l'objectiu d'arribar a un coneixement acceptat.

Una altra interpretació del terme *tòpic* és la de M. Kneale i W. Kneale (1962) com a 'moviment' (*move*). Per tant, podríem veure els «tòpics» (o moviments) com tenint una doble funció: la funció d'invenió o selectiva i la de garantia o comprovació. La funció selectiva especifica quines premisses poden ser utilitzades, mentre que la funció de garantia és responsable de la transició des de les premisses a les conclusions.



Metodologia

Marc analític

S'ha elaborat, principalment, a partir de les dues obres d'Aristòtil, *Retòrica* i *Tòpics*, citades anteriorment. En particular, les categories d'anàlisi estan basades en «tòpics» o «llocs» extrets d'ambdós llibres. Entre aquests «tòpics» hem seleccionat els que són més rellevants per a l'estudi del discurs argumentatiu de les classes de ciències.

A l'annex 1 podeu trobar alguns dels «tòpics» d'Aristòtil.

Recollida d'informació i anàlisi

La recollida de dades està basada principalment en recerques resumides que s'han publicat en llibres, revistes i actes de congressos. Estudiem principalment les concepcions alternatives basades en fragments de diàlegs presentats en aquestes publicacions. El contingut d'aquestes concepcions és la mecànica. També hem fet servir algunes respostes individuals d'estudiants extretes d'una tesi doctoral (Castells, 1997). Aquestes informacions es completen amb dades recollides en un estudi pilot, en el qual hem proposat un problema sobre caiguda lliure que els estudiants havien de resoldre en petit grup, les discussions del qual han estat enregistrades i transcrites.

Al final del procés, disposem d'una col·lecció d'arguments dels estudiants. Aquests arguments es troben a la base de les «concepcions alternatives» o respostes incorrectes dels estudiants a qüestions de ciències, o s'hi relacionen.

Una vegada els arguments dels estudiants han estat identificats, reconeixem els diversos tòpics que hi ha en aquests arguments, d'acord amb les categories dels tòpics d'Aristòtil (vegeu annex 1).

Il·lustració de l'anàlisi

Presentem aquí algunes de les concepcions alternatives identificades o respostes incorrectes dels estudiants a problemes, així com els tòpics en els quals es basen.

Les dues primeres concepcions alternatives les hem tret de Watts (1982).

Concepció alternativa 1: La gravetat augmenta amb l'altura²

Julie: Mmm... porta més gravetat ara que quan ha començat... és més amunt, oi? (pilota de golf a la meitat de la caiguda)

Steve: Sí,... la pilota s'enlaira fins a una certa alçada, fins que perd la major part de la seva energia cinètica i aleshores la força gravitatòria... a la llarga... la sobrepassa... mmm... sobrepassa la seva energia i l'estira cap avall.

2. Els diàlegs han estat traduïts de l'anglès, que és la llengua en què els hem trobat escrits.

Steve: No, no hi ha forces (astronauta a l'espai) però.... això depèn d'on sigui, vull dir que si es troba molt a prop de la part superior de l'atmosfera de la Terra, llavors hi haurà una important força gravitacional sobre ell que, al capdavant, l'estirarà cap a la Terra.

Luis: Mmm... perquè la gravetat és més petita a més baixes alçades... Vull dir, que si la fas botar cada cop més avall, serà cada vegada més avall.

En aquest cas, l'esquema que l'estudiant fa servir és: «a més altura → més gravetat». Aquest és un tòpic del «més → més». Aquest tòpic es troba en Aristòtil en la forma: «El més acompanya el més... (p. e. Si el plaer és un bé, també el que és més plaer serà més bé, i si ofendre és un mal, també ofendre més serà més mal)» (Tòp. 115a2, *Órganon*) (Aristòtil, 1982). Aquest és un esquema molt comú que trobem a la base de moltes concepcions alternatives o respostes incorrectes dels estudiants.

Concepció alternativa 2: La gravetat comença a actuar quan els objectes comencen a caure i continua fins que queden aturats a terra

En aquesta concepció, la gravetat només actua mentre les coses cauen i no quan estan quietes sobre algun lloc. Algunes vegades la «gravetat» no sembla una força, sinó una descripció d'un cos que cau.

Zeba: La primera força que hi ha la fa l'home (jugador de golf), la segona força (quan cau) la farà la gravetat. (01:17)

Sarah: Quan comença a baixar (quan és al punt més alt)... aleshores és quan tens la gravetat estirant-la avall. (02:15)

Julie: La pilota (de golf) l'han tirada enlaire i arriba a una certa alçada, i llavors la gravetat vol que vingui avall.

I: Porta gravetat, ara? (la pilota de golf)

Jennifer: En realitat, no, perquè va cap amunt.

I: Ah! És clar... i després?

Jennifer: Bé, sí, quan cau.

En aquest diàleg, podem reconèixer el «lloc» de «causa i efecte». Aquest es troba entre els tòpics d'Aristòtil com: «Un altre lloc es treu de la causa: si la causa existeix, es diu que la cosa és, però, si la causa no existeix, es diu que la cosa no és, car la causa i allò que produeix la causa van conjuntament i res no existeix sense causa» (*Retòrica*, 1400a) (Aristòtil, 1998). Aquest esquema és també un esquema argumentatiu molt fort que hem trobat en les argumentacions dels estudiants.

Concepció alternativa 3: *Moviment constant requereix força constant*

Aquesta concepció la presentem mitjançant un fragment de Viennot (1979).

Si volia que es continués movent en aquesta direcció (l'horitzontal), l'hauria hagut de continuar empenyent; altrament, es quedaria sense força i es pararia (13 anys).

Per mantenir-lo movent-se, cal una empenta seguida. Si no es força un objecte a moure's, poc es mourà, oi? (14 anys).

L'argument aquí és també de «causa i efecte». Si no hi ha cap força, el moviment del cos no és possible. En altres paraules, per tal de tenir un moviment constant, fa falta una força constant actuant sobre el cos.

Concepció alternativa 4: *El cos que té la massa més gran cau més de pressa*

Aquesta és una concepció alternativa que es pot considerar pràcticament universal.

Exemple 1:

S2: Sí, el que pesa més, cau primer, és normal!

S4: Però...

S2: Llavors, la hipòtesi és...

S4: Ja ho hem dit, això. No cau primer el cos que pesa més?

S1: Però la hipòtesi no pot ser una pregunta.

S2: No, la hipòtesi era una resposta imaginada.

S3: Hem de comprovar això.

S4: Que estúpid! I com podem comprovar això?

S1: Bé, llavors la nostra hipòtesi és que el cos més pesant arriba a terra primer.

Hi podem reconèixer el tòpic o lloc de «més → més». Aquesta concepció és mantinguda molt fortament per la majoria dels estudiants. Fins i tot, si els estudiants han fet l'experiència de caiguda lliure, és força difícil de persuadir-los que dos cossos de diferent massa poden trigar el mateix temps a caure. Aquí hem de suposar que l'esquema de «causa i efecte» es troba també al darrere d'aquesta concepció (el pes és la causa de la caiguda).

Exemple 2: Dins del mateix context de caiguda lliure, presentem aquí un fragment de diàleg que prové d'un estudi pilot nostre. En aquest estudi els estudiants havien de discutir la solució a un problema presentat en forma de còmic (vegeu annex 2). En aquest fragment reconeixem un tòpic diferent al que hem identificat a l'exemple 1 i no directament relacionat amb la concepció alternativa 4, sinó amb la validesa d'un experiment que els estudiants

proposen per comprovar la seva hipòtesi errònia. Com que no poden deixar caure un home i una escopinada, com en el còmic, fan un experiment anàleg al que s'hi presenta.

S3: Fem la prova?
 S2: Tirem el boli?
 S4: Però no és el mateix.
 S3: Però més o menys.
 S1: El boli no pesa el mateix que la vamba...
 S3: No, exactament el mateix no, però...
 S2: Ho fem? D'acord, anem a fer la prova, amb el boli i la vamba. Qui va a baix?
 S4: Explica què farem.
 S2: Tirarem des del terrat una vamba i un boli i mirarem què arriba abans.
 S4: Jo crec que primer arribarà la vamba i després el boli...
 S1: Bé, després de fer la pràctica, se'ns ha espatllat tot. Ha arribat abans el boli que la vamba; també el boli ha sortit abans, però més o menys seria igual que amb el gargall quan l'home es tira. O sigui, el temps des que es tira el boli i la vamba i l'escopinada i l'home ha de ser el mateix, i arriba abans el boli...
 S2: Sí, però no és la mateixa diferència entre l'escopinada i l'home que entre el boli i una vamba.
 S3: Però com que no podem tirar una escopinada i tirar-nos un de nosaltres, s'ha de fer amb quelcom similar, d'acord?

En aquest exemple, per tant, hi identifiquem el lloc d'analogia («Un altre lloc consisteix a expressar les referències proporcionals a partir dels elements que són anàlegs» (*Retòrica*, 1399a) (Aristòtil, 1998). Un estudiant (S2), al final d'aquest fragment afirma que l'experiment que ells han fet no és vàlid perquè l'analogia entre el cas de la vamba i la persona, i el del gargall i el bolígraf no és prou bona. (Suposem que estan comparant la diferència de pesos entre ambdós parells d'objectes.)

Concepció alternativa 5: La velocitat no és una magnitud relativa a un sistema de referència, sinó que és com una propietat del cos «actiu» que es mou

La resposta d'un estudiant a un problema prové de Castells (1997).

Imagina't que et trobes flotant amb un pneumàtic en mig d'un riu i sense nedar. A uns quants metres riu amunt hi ha una caixa de fusta que flota i als mateixos metres riu avall n'hi ha una altra.

a) Si et mantens flotant sense nedar, variarà la distància que et separa de cadascuna de les caixes? Per què?

b) Suposa que se't desinfla el pneumàtic. Cap a quina de les dues caixes et dirigiries per arribar-hi abans? Per què?

Resposta d'un estudiant a la pregunta b:

«Arribaria abans a la caixa que està situada més amunt que jo, ja que el corrent del riu m'ajudaria a portar-la cap a mi. Seria una tonteria anar cap a la de baix perquè faria un esforç per aconseguir-la i aquesta a la vegada seria portada cap avall degut al corrent del riu.»

Aquí pròpiament no fem comentaris sobre la concepció alternativa 5, sinó que ens fixem en l'esquema de raonament que l'estudiant fa servir i que està relacionat amb aquesta concepció alternativa. Entenem que l'argument de l'estudiant és: «Entre dues possibles opcions, triem la que ens és més favorable o que ens beneficia més, en aquest cas, nedar cap a la caixa de riu amunt perquè el mateix corrent l'ajuda». Aquest esquema de raonament és un tòpic del tercer llibre dels *Tòpics*: «A més a més, quan dues coses són molt similars una de l'altra i no podem percebre cap superioritat de l'una respecte de l'altra, les hauríem de mirar des del punt de vista de les seves conseqüències. En efecte, allò del qual se segueix un bé més gran és també més desitjable» (*Tòpics* III, 117a5, *Órganon*) (Aristòtil, 1982).

Resultats

Els tòpics o llocs que hem identificat més en els arguments dels estudiants són:

- Causa i efecte.
- Més → més.
- És més preferible una opció les conseqüències de la qual són millors.
- És més preferible el que és possible per sobre del que és impossible.
- Analogia.

Amb les anàlisis presentades aquí damunt podem entendre la importància que té per la didàctica de les ciències poder conèixer com els estudiants pensen i construeixen els seus arguments. Això ens ajudarà a entendre per què unes concepcions alternatives són arrelades més fortament en els estudiants que unes altres.

Entre els arguments dels estudiants, hem vist que es donen molt les relacions de causa i efecte. Això pot ser explicat pel fet que la mecànica és una àrea en la qual les concepcions dels estudiants estan basades en l'experiència i el sentit comú. També el «més → més» es troba molt sovint. Això vol dir que la proporcionalitat directa sembla també formar part del sentit comú.

Una eina que pot ajudar a la didàctica de les ciències

A partir dels resultats anteriors, podem suggerir una estratègia didàctica perquè els professors s'enfrontin amb les concepcions alternatives dels estudiants i persuadeixin els alumnes de les idees científiques. La proposta consisteix en la utilització per part del professor dels mateixos o similars arguments que fan servir els estudiants per justificar les seves concepcions alternatives. És a dir, en relació amb cada concepció alternativa, el professor pot argumentar la idea científica utilitzant esquemes argumentatius com els que acostumen a fer servir els estudiants, però amb una orientació que porti a la idea científica. D'aquesta manera, potser els alumnes no només acceptaran la nova idea, sinó que es persuadiran de la mateixa. Amb aquesta estratègia, a més, els alumnes practiquen l'elaboració d'arguments i la crítica a arguments elaborats per altres (professor i/o alumnes) i, per tant, estan millorant les seves habilitats argumentatives i, en general, les seves capacitats crítiques.

Comentem, a continuació, alguns exemples d'aquesta proposta:

Per exemple, si l'estudiant argumenta dient que com més pesa un cos, més de pressa cau en una caiguda lliure, vol dir que està fent servir un argument del tipus «més → més». Suggerim que el professor digui a l'estudiant una cosa similar a: «Tu penses que els objectes que tenen més pes cauen més de pressa, però no penses que si tenen més pes, també tenen més massa? I si tenen més massa, no creus que costarà més de fer-los moure?». Es fa un encadenament d'arguments de a «més → més».

Un altre exemple d'aquest intent argumentatiu és la forma d'enfrontar-nos a la concepció alternativa que diu: «La gravetat augmenta amb l'altura». En aquest cas, l'argument és: «a més altura, més gravetat». Per tal de posar en discussió la idea dels estudiants, el professor pot fer servir el mateix esquema argumentatiu del «més → més», però dient que com més gran és l'altura a la qual es troba l'objecte, més gran és la distància a la Terra i, per tant, la interacció entre la Terra i el cos (la gravetat) és menor. És clar que aquesta argumentació haurà d'anar acompanyada d'una discussió sobre la gravetat com a força entre cossos i potser del concepte de força.

En el cas de la preferència del nedador, podem fer veure als estudiants que la resposta de la pregunta no és l'apropiada. El problema demana sobre el temps i els estudiants responen sobre la manera més favorable d'arribar a la caixa. En aquest cas, podríem mostrar altra vegada la pregunta real a l'estudiant i esperar la seva nova resposta. I llavors, professor i estudiant podrien discutir sobre si la forma més fàcil necessita també menys temps. D'aquesta manera, els estudiants podrien començar a pensar d'una forma alternativa. Sempre, dependent de les intervencions dels estudiants, el professor podrà suggerir nous arguments basats, o no, en altres tòpics, i proposar als estudiants de discutir-los. Això té sentit si estem pensant en una classe com un context dialèctic.

Finalment, tenim el cas dels llocs d'analogia. Sobre l'experiment amb la vamba i el bolígraf, alguns estudiants diuen que no és vàlid perquè l'analogia entre el cas d'una persona i una escopinada i el cas d'una vamba i un bolígraf no és bona. Les diferències de pes entre

objectes no es veuen equivalents. En aquest exemple, podríem argumentar demanant a aquests estudiants que com ho saben que l'analogia no és adequada i si han fet mesures i càlculs per arribar a la seva conclusió.

Comentaris

Amb l'anàlisi presentada podem entendre la importància de trobar la manera com els estudiants pensen i construeixen els seus arguments. Com hem dit a la introducció, el nostre objectiu no és analitzar les idees prèvies com a idees o concepcions, sinó que volem anar més enllà d'aquestes concepcions. És el raonament (els arguments) que els estudiants han elaborat a un nivell més profund, que poden especificar o no, en el que estem interessats. Els estudiants sempre pensen d'una manera per unes raons, uns arguments, i hem vist que podem investigar aquestes raons o arguments amb una teoria clàssica de l'argumentació. Realment, estem analitzant esquemes argumentatius o de sentit comú, els quals són compartits pels estudiants, i els tòpics o llocs poden ser considerats pertanyents al sentit comú. El nostre estudi pot contribuir amb una estratègia didàctica perquè els professors es puguin enfrontar a les concepcions alternatives dels estudiants. Aquesta estratègia no s'ha de prendre com una recepta, sinó només com una eina per a la discussió i la reflexió en una classe de ciències vista com un context dialèctic.

Per tal d'analitzar un discurs argumentatiu en didàctica de les ciències, els marcs teòrics que s'han utilitzat més sovint es basen en autors contemporanis com ara Toulmin (1958) i més recentment Walton (1996) o Van Eemeren (2004). Aquests marcs teòrics tenen gran influència de la teoria argumentativa d'Aristòtil. Per això, hem decidit anar a la teoria més antiga de l'argumentació, en la qual aquests autors s'han basat, per analitzar les classes de ciències d'avui dia. D'aquesta manera, tenim l'oportunitat d'aplicar una teoria de l'antiguitat en una classe de ciències moderna i podem veure si és suficientment eficient.

De fet, hi ha limitacions en l'aplicació que hem fet de la teoria de l'argumentació d'Aristòtil degut a dos factors principals. Primer: la nostra anàlisi s'ha ocupat només de concepcions alternatives de l'àmbit de la mecànica. Com ja hem dit més amunt, aquesta és una àrea en la qual tenim molta experiència personal i que està molt basada en el sentit comú i, per tant, podem suposar que aquesta és la raó de per què els tòpics que hem identificat són només d'uns pocs i repetits tipus. En el futur, ens agradaria utilitzar el mateix marc teòric en altres àrees de la física. Segon: entenem que les categories d'Aristòtil són difícils de portar a la pràctica; entre altres coses, no són presentades en els seus llibres d'una forma prou clara i sistemàtica per a un lector d'avui dia, però potser sigui necessari d'aplicar-les per poder omplir els buits que els altres marcs usats més sovint a la recerca de les argumentacions en contextos d'educació científica tenen. Aquests marcs no foren elaborats inicialment per a contextos d'educació científica, sinó per a altres àrees, com ara dret o filosofia. Des que tots recullen conceptes i categories d'Aristòtil, nosaltres anem directament a Aristòtil per veure si algunes de les seves categories que no són recollides en els marcs contemporanis

poden ser útils per a la nostra àrea d'educació científica. En aquest sentit, el nostre treball pot contribuir també a les bases teòriques per a l'estudi de discursos argumentatius en un camp nou per a l'argumentació.

Aquesta recerca ha estat cofinançada pel DURSI (projectes ARIE-2005), referència 2005ARIE-1003 i per la Xarxa d'Incentivació de la Recerca Educativa REMIC (Recerca en Educació Matemàtica i Científica), referència 2006XIRE-00004, finançada pel DURSI i el Departament d'Educació de la Generalitat de Catalunya.

ANNEX 1

Tòpics extrets del llibre III dels *Tòpics d'Aristòtil*

— El més acompanya el més. (P. e. Si el plaer és un bé, també el que és més plaer serà més bé, i si ofendre és un mal, també ofendre més serà més mal.) (Tòp. 115a2)

— A més a més, quan dues coses són molt similars una de l'altra i no podem percebre cap superioritat de l'una respecte de l'altra, les hauríem de mirar des del punt de vista de les seves conseqüències. En efecte, allò del qual se segueix un bé més gran és també més desitjable; i si les conseqüències són dolentes, és preferible allò del qual se segueix un mal menor. (Tòp. 117a5)

— També el que és desitjable per si mateix és més desitjable que allò que ho és per una altra cosa. (Tòp. 116a29)

— Així, el que es dóna per naturalesa és més desitjable que allò que es dóna per una altra cosa. (Tòp. 116b10)

— I també és preferible el que és possible per sobre del que és impossible. (Tòp. 116b26)

Tòpics del llibre de la *Retòrica*

Tòpics del possible i l'impossible

— Si és possible que el contrari sigui o hagi estat, també el seu contrari semblarà que és possible: si és possible, per exemple, que un home s'hagi guarit, també és possible que caigui malalt, car la potència és la mateixa en ambdós contraris en tant que contraris. (*Retòrica*, 1392a)

— Ensem, si allò que és més difícil és possible, també ho és allò que és més fàcil. (*Retòrica*, 1392a)

— I si quelcom esdevé possible en un grau d'excel·lència i de bellesa, també esdevé possible en general, car és més difícil bastir una cas bella que una casa. (*Retòrica*, 1392a)

— Alhora, si entre dues coses que són similars l'una és possible, també l'altra que és similar ho és. (*Retòrica*, 1392a)

Tòpics del fet esdevingut i no esdevingut

— Si s'ha esdevingut allò que per naturalesa era menys apte per a esdevenir-se, allò que per naturalesa era més apte per a esdevenir-se també pot haver-se esdevingut. (*Retòrica*, 1392b)

— Ensem, s'esdevindrà quelcom, si totes les coses que per naturalesa es produeixen anteriorment ja s'han esdevingut: si el cel està ennuvolat, per exemple, és probable que plougui. Igualment, si aquella cosa per mor de la qual es fa una altra cosa s'ha produït, és probable que també aquesta cosa es produeixi: si ja s'han posat, per exemple, els fonaments d'una casa, probablement també serà edificada la casa. (*Retòrica*, 1393a)

Tòpics dels entimemes

— Un altre lloc es treu del més i del menys. Per exemple: si ni tan sols els déus no saben totes les coses, amb més raó els homes, la qual cosa vol dir, efectivament, que si un predicat

s'aplica a una cosa a la qual podria aplicar-se més, és clar que tampoc no s'aplica a una cosa a la qual podria aplicar-se menys. (*Retòrica*, 1397b)

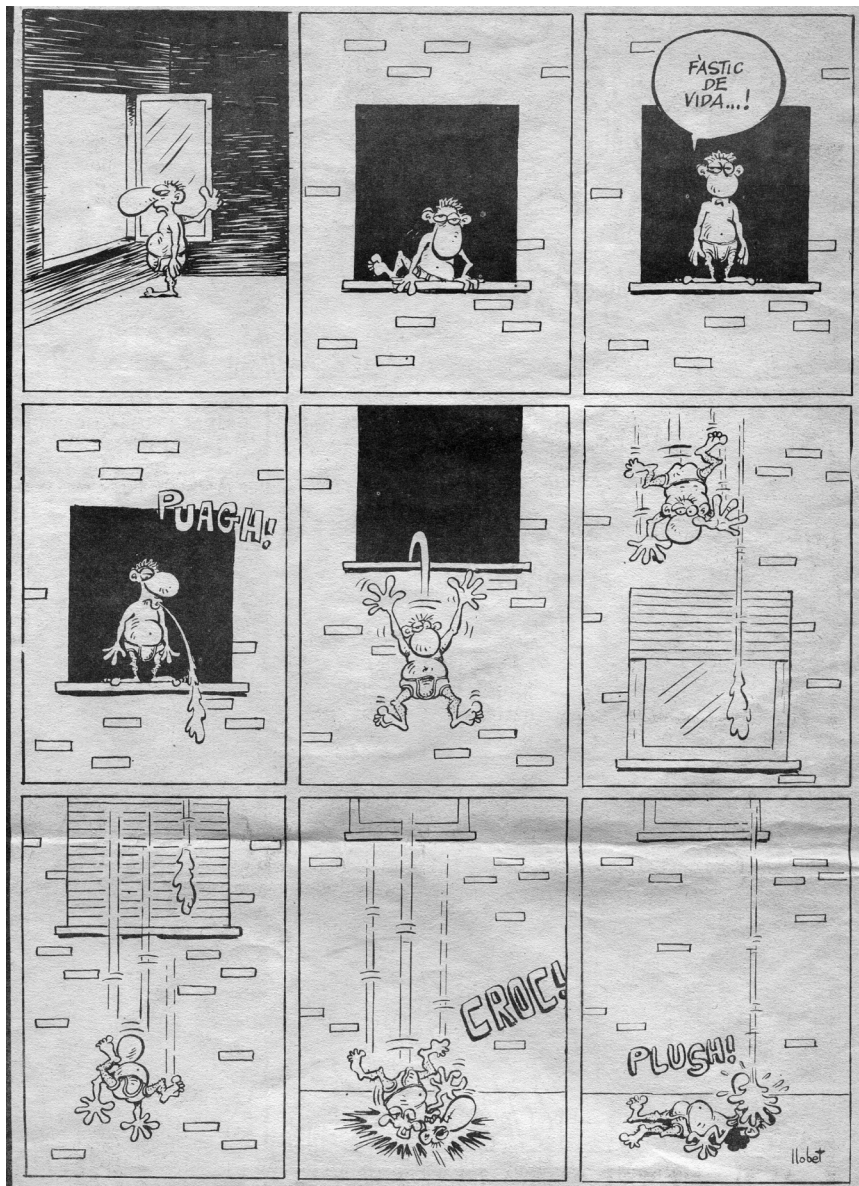
— Un altre lloc consisteix a expressar les referències proporcionals a partir dels elements que són anàlegs. (*Retòrica*, 1399a)

— Un altre lloc consisteix a concloure que, si el conseqüent és el mateix, els antecedents també són els mateixos. (*Retòrica*, 1399b)

— Un altre lloc es treu de la causa: si la causa existeix, es diu que la cosa és, però si la causa no existeix, es diu que la cosa no és, car la causa i allò que produeix la causa van conjuntament i res no existeix sense causa. (*Retòrica*, 1400a)

ANNEX 2

A continuació teniu un còmic format per unes poques vinyetes. Mireu i llegiu el còmic i argumenteu amb els companys si el que es presenta al còmic es podria donar a la realitat. Heu de justificar totes les afirmacions que feu.



Bibliografia

- ANDERSSON, J. (1986), «The experiential Gestalt of causation: a common core to pupils' conceptions in Science», *European Journal of Science Education*, **8** (2), 51-171.
- ARISTÒTIL (1928), *The works of Aristotle translated into english*, traducció de W. D. Ross, Oxford, Oxford University Press.
- (1982), *Tratados de lógica (Órganon) I, Tópicos*, Madrid, Gredos.
- (1998), *Retòrica. Poètica*, Barcelona, Edicions 62.
- BREWER, W. F. (ed.), *Theoretical issues in reading comprehension*, Hillsdale (Nova Jersey), Lawrence Erlbaum University Press.
- CASTELLS, M. (1997), *Patrons de raonament dels estudiants en resoldre problemes de relativitat galileana, i factors que els influencien en les respostes i en els raonaments*, Barcelona, Servei de Publicacions UAB. [Tesi doctoral]
- DISSA, A. *et al.* (1980), «Momentum flow as an alternative perspective in elementary mechanics», *American Journal of Physics*, **48** (5), 365-369.
- DRIVER, R. (1986), «Psicología cognoscitiva y esquemas conceptuales de los alumnos», *Enseñanza de las Ciencias*, **4** (1), 3-15.
- DRIVER, R.; GUESNE, E.; TIBERGHIE, E. (1985), *Children's ideas in science*, Filadèlfia, Open University Press.
- DRIVER, R.; NEWTON, P.; OSBORNE, J. (2000), «Establishing the norms of scientific argumentation in classrooms», *Science Education*, **84**, 287-312.
- DUSCHL, R. *et al.* (1999), «"Middle school science students" Dialogic argumentation», *European Science Education Research Association Conference* (Kiel, 1999).
- DUSCHL, R.; OSBORNE, J. (2002), «Supporting and promoting argumentation discourse in science education», *Studies in Science Education*, **38**, 39-72.
- EEMEREN, F. H. R. van; GROOTENDORST, R. (1996), *A handbook of historical backgrounds and contemporary development fundamentals of argumentation theory*, Nova Jersey, Lawrence Erlbaum Associates Publishers.
- (2004), *A systematic theory of argumentation. The pragma-dialectical approach*, Cambridge, Cambridge University Press.
- ERDURAN, S.; SIMON S.; OSBORNE, J. (2004), «TAPping into argumentations: developments in the application of Toulmin's argument pattern for studying sciences discourse», *Science Education*, **88** (6), 915-933.
- GENTER, D.; STEVENS, A. L. (ed.) (1983), *Mental models*, Hillsdale, Lawrence Erlbaum.
- GROSS, A. (1990), *The rhetoric of science*, Cambridge, Harvard University Press.
- GUTIÉRREZ, R.; OGBORN, J. (1992), «A causal framework for analysing alternative conceptions», *International Journal of Science Education*, **14** (2), 201-220.
- HIERREZUELO J.; MONTERO, A. (1989), *La ciencia de los alumnos*, Barcelona, Laia, Ministerio de Educación y Ciencia.
- JIMÉNEZ-ALEIXANDRE, M. P.; BURGALLÓ, A.; DUSCHL, R. A. (2000), «Doing the lesson or doing science. Argument in high school genetics», *Science Education*, **84** (6), 1-36.
- KELLY, G. J.; DRUKER, S.; CHEN, C. (1998), «Students' reasoning about electricity: Combining performance assessments with argumentation analysis», *International Journal of Science Education*, **20** (7), 849-871.
- KNEALE, M.; KNEALE, W. (1962), *The development of logic*, Oxford, Clarendon Press.
- KUHN, D. (1992), «Thinking as argument», *Harvard Educational Review*, **62** 155-178.
- (1993), «Science as argument: implications for teaching and learning scientific thinking», *Science Education*, **77** (3), 319-337.
- MILLAR, R. (1998), «Rhetoric and reality: what practical work in science education is really for». A:

- OGBORN, J.; KRESS, G.; MARTINS, I.; MCGILLI-CUDDY, K. (1996), *Explaining science in the classroom*, Buckingham, Open University Press.
- PERELMAN, Ch.; OLBRECHTS-TYTECA, L. (1989), *La nueva retórica*, Madrid, Gredos.
- PRELLI, L. (1989), *A rhetoric of science: Inventing scientific discourse*, Columbia, SC, University of South Carolina Press.
- RUMELHART, D. E. (1980), «Schemata: the building blocks of cognition». A: SPIRO, R. J.; BRUCE, B. C.;
- TOULMIN, S. (1958), *The uses of argument*, Cambridge, Cambridge University Press.
- VIENNOT, L. (1996), *Raisonnement in physics: La part du sens commun. Pratiques pédagogiques*, París, De Boeck and Larcier.
- VIENNOT, L. et al. (1979), «Spontaneous reasoning in elementary dynamics», *European Journal of Science Education*, **18**, 208-212.
- WALTON, D. N. (1996), *Argumentative schemes for presumptive reasoning*, Nova Jersey, Lawrence Erlbaum Associates.
- WATTS, J. W. et al. (1982), «Gravity- don' take it for granted», *Physics Education*, **18**, 213-217.
- WELLINGTON, J. (ed.), *Practical work in school science: Which way now?*, Londres, Routledge.

