

Ano XV. Número 51, Novembro 2002

Edita: **ENCIGA** (Ensinantes de Ciencias de Galicia)

Domicilio Postal:

**ENCIGA**

*Apartado 103*

*Santiago de Compostela*

*e-mail: enciga@teletel.es*

Imprime: Gráficas Anduriña

ISSN: 0214-7807

Depósito Legal: LU 537/89

*Deseño cartel: Mauricio Jiménez Sáez*

*Deseño e Maquetación: Salomé Pastrana Vázquez*

## FÍSICA E QUÍMICA

### ¿EQUIVALE DISOLVER A DESAPARECER?

**MENDOZA, José**

*ICE, Universidade de Santiago - ESPAÑA*

**LEITE, Laurinda**

*Universidade do Minho - PORTUGAL*

**BORSESE, Aldo**

*Universidade de Génova - ITALIA*

### 1. INTRODUCCIÓN

Durante os tres últimos cursos académicos temos indagado en algúns dos aspectos de dificultades de comprensión, dentro do ámbito da Física e Química, tanto no campo dos alumnos de secundaria, como dos propios profesores dese mesmo nivel educativo nos tres países.

Un dese aspecto refírese a unha das leis máis importantes, a lei de conservación da masa, que aparece no currículo de Ciencias en tódolos países do noso entorno, nas etapas inicial e final do ensino secundario obrigatorio; é ademáis un dos tópicos de investigación que aparece con frecuencia na bibliografía das ideas alternativas dos alumnos.

Nas publicacións anteriores Mendoza (1998) e Mendoza et al (2002) tratamos de propoñer uns patróns de resposta por parte dos alumnos de secundaria cando se refiren á conservación da masa. Para o seu estudo mantivemos un test con respostas de opción multiple, que empregamos con anterioridade, de cinco cuestións de disolucións, dúas do sistemas sólido-líquido, dúas do sistema líquido-líquido, unha do sistema gas-líquido e un sistema non soluble aceite-auga.

O test está pasado en varios dos niveis educativos de secundaria obrigatoriã e tamén no bacharelato, pero na presente comunicación centrámonos só no análise dos alumnos de secundaria obligatoria, da etapa inicial dos tres países.

Na presente comunicación pretendemos començar a validar a nosa proposta mediante un análise máis cualitativo das respostas dos alumnos, para no futuro utilizalo noutros niveis educativos, e facilitar a comprensión do desenvolvemento cognitivo dos alumnos e as esixencias dos nosos currículos, e para elo servíremonos das aportacións das taxonomías de Shayer e Adey (1986).

Trataremos de precisar a validez dalgunhas das afirmacións que atopamos en respostas anteriores, como patróns de resposta no ensino secundario, unha delas « equivale disolver a desaparecer », corresponde o título da nosa proposta.

## 2. OBXECTIVOS

Podemos resumilos nos seguintes:

- Investigar a importancia da percepción na conservación da masa nas disolucións.
- Tratar de encontrar patróns de respostas similares en alumnos de diferentes países, na conservación da masa nas disolucións.
- Presentar iniciativas de mellora do proceso ensino-aprendizaxe, na lei de conservación da masa.

## 3. AS DISOLUCIÓNS E AS IDEAS DOS ALUMNOS

Cando dúas ou máis substancias puras se xuntan para formar unha disolución, conservan a súa identidade e as súas propiedades físicas e químicas, podendo ser separadas a través de procesos físicos. As mesturas poden clasificarse en heteroxéneas ou homoxéneas, segundo teñan ou non partes diferenciadas.

As disolucións non son máis que mesturas homoxéneas de substancias químicas (Pozo, et al., 1991). As propiedades dunha mestura homoxénea son independentes da cantidade da mostra tomada, pero esas mesmas propiedades -densidade, concentración, punto de ebullición-, dependen das cantidades relativas das substancias puras participantes na disolución.

O feito de que as substancias puras participantes na disolución conserven as súas características fai que os tipos de partículas que as constitúen se manteñan despois da disolución e tamén que a masa se conserve.

Ó contrario do que acontece coa masa, no caso do volume *despois de mesturalos, atópase que o volume final da disolución non é en xeral igual á suma dos volumes dos compoñentes por separado. Isto é debido a que as interaccións intermoleculares son diferentes na disolución e os compoñentes*

*puros separados.* O mesmo ocorre con outras propiedades estensivas como: U, H, S, G que si dependen das cantidades de substancias mesturadas.

O que ocorre perceptualmente é que si tomamos como referente o disolvente, cando ocorre unha disolución, é máis fácil constatar a ollo un aumento do volume, -especialmente visible no casos da disolución de dúas ou máis substancias no estado líquido-, que un aumento de masa, -o que esixiría a comprobación do aumento real cunha balanza-, ou, a realización dun raciocinio abstracto e a crenza no imperceptible.

A influencia da percepción na interpretación dalgunhas disolucións e a non distinción entre masa e volume ten sido constatada en diversas investigacións.

Outro feito a considerar, é a visualización ou non do soluto, Ebenezer y Erickson (1996) verificaron que a visualización (ou non) do soluto ten influencia nas explicacións dos alumnos do undécimo ano acerca da disolución, facendo que éstas dependan do contexto da tarefa usada na investigación, no que respecta á conservación do soluto.

Por esta razón, Oversby (2000) defende que a utilización no laboratorio de solutos coloreados, tales como colorantes alimentarios e café, poden contribuir a que os alumnos deixen de falar de desaparición do soluto e pasen a falar de dispersión, reducindo así a porcentaxe de concepcións alternativas que se centran na idea de que cando algo se dissolve, desaparece e, consecuentemente, deixa de ter masa.

Nótase que a idea de disolución como desaparición é moi frecuente entre os alumnos e especialmente usada por eles no contexto do día a día, no que non se lles esixe que utilicen a teoría corpuscular, para explicar as disolucións (Longden et al., 1991).

Por outro lado, un estudo realizado por Prieto et al. (1989), con alumnos españois de 11 a 14 anos, mostrou que cando se pregunta ós alumnos por disolucións, propoñen exemplos de disolucións sólido-líquido, e hai poucos casos onde se propoñan exemplos de líquido-líquido e casi ningún de gas-líquido.

Con todo o anterior e tendo en conta o feito de que os alumnos non aceptan na súa maioría, a estas idades, que os gases teñan peso, e que nalgúns casos cheguen a pensar que ó aumentar a cantidade de gas diminúe o peso (Seré, 1986), parece que terán unha maior dificultade na conservación da masa ó disolver un gas nun líquido.

É tamén frecuente na literatura atopar exemplos nos que os alumnos confunden masa e volume (Mendoza, 1996), de tal modo que, no caso das

disolucións establecen unha relación entre a masa da solución e o aumento do nivel do soluto.

A modo de síntese, podemos dicir que, do mesmo modo que os científicos tiveron dificultade para recoñecer un modelo para o fenómeno da disolución que fose capaz de explicar tódalas evidencias observables (Selley, 1998), tamén os alumnos teñen dificultade en explicar tal fenómeno, polo que usan diferentes modelos, concordantes ós contextos en que o fenómeno se lles presenta visualmente.

Este feito fai que as veces busquen explicacións os cambios aparentes, noutras ocasións se fixen máis no estado inicial e final dunha transformación e non analicen ou reflexionen sobre o cambio, o que lles vai dificultar o comprender todos aqueles conceptos que implican conservacións non observables.

#### 4. METODOLOXÍA

A consecución dos obxectivos deste estudo foi lograda a través da aplicación dun cuestionario\*, xa utilizado anteriormente polos autores, e aplicado a 248 alumnos que se atopaban no último curso do ciclo inicial do ensino obrigatorio en Galicia, Italia e Portugal.

O cuestionario contén seis cuestións de opción múltiple, onde se pide sempre a xustificación da opción elegida. Foi organizado de tal xeito que inclúe situacións nas que substancias con diversas características son engadidas a unha determinada cantidade de auga, cantidades que varían de cuestión en cuestión co fin de desactivar unha tendencia fixa de resposta.

Usáronse como solutos substancias nos tres estados físicos, substancias que orixinan solucións incolores (azúcre, alcohol e dióxido de carbono) e solucións coloreadas (leite e café soluble) e unha substancia non miscible (aceite), sempre coa auga como solvente.

Pedíase-lle ós alumnos que indicasen o valor da masa resultante da disolución ou mestura. As opcións de resposta presentadas ós alumnos eran do tipo:

- Opción A: corresponde o aumento da masa, por lo que non é de prever que sexa moi escollida.
- Opción B: corresponde a conservación da masa e, polo tanto a opción correcta.
- Opción C: corresponde a unha conservación parcial da masa e esperamos que, en cuestións donde non se observa un aumento de volumen, e cuio

resultado final é unha solución coloreada, sexa escollida por algúns dos alumnos.

- Opción D: corresponde a conservación da masa do "solvente" e a perda da masa do "solutu". Esta opción será atractiva nos casos en que o aspecto final dé unha solución incolora e na que non se observa un aumento perceptible do volume.
- Opción E: corresponde non só a perda da masa do soluto, sinón tamén a perda dalgúna masa do solvente. É una opción pouco lóxica e non se espera que sexa seleccionada por un número considerable de alumnos.
- Opción F: corresponde ós alumnos que non saben a resposta.

Fíxose unha análise cuantitativa dos datos, para obter a porcentaxe de alumnos que escolleron cada unha das alternativas de resposta, e poder así concluir acerca da conservación ou non da masa.

As xustificacións dadas para cada opción, foron obxecto de análise cualitativa co fin de identificar os patróns de resposta máis empregados e poder comparalos cos propostos nas comunicacións anteriormente citadas.

#### 5. RESULTADOS

Na táboa 1 preséntanse as distribucións das respostas, expresadas en termos de porcentaxe, dos alumnos do primeiro ciclo de secundaria obrigatoria, ás seis cuestións para as diferentes categorías (opcións) de resposta.

Táboa 1

Datos recollidos con alumnos do primeiro ciclo da ESO, expresados en %

Pais	Cuestións	A	B	C	D	E	F
Esp. (n=101)	Q <sub>1</sub> - azúcre e auga	0	44.7	18.4	29.0	2.6	5.3
	Q <sub>2</sub> - alcohol e auga	5.3	76.3	10.5	2.6	0	5.3
	Q <sub>3</sub> - leite e auga	10.6	76.3	7.9	0	2.6	2.6
	Q <sub>4</sub> - café e auga	5.3	39.5	18.4	31.5	0	5.3
	Q <sub>5</sub> - aceite e auga	7.9	65.8	18.4	0.0	2.6	5.3
	Q <sub>6</sub> - CO <sub>2</sub> e auga	2.6	28.9	18.4	29.0	0.0	21.1

continúa...

It. (n=55)	Q <sub>1</sub> - azúcre e auga	7.3	36.4	34.5	20.0	0.0	1.8
	Q <sub>2</sub> - alcohol e auga	1.8	78.2	16.4	1.8	1.8	0.0
	Q <sub>3</sub> - leite e auga	5.5	70.9	14.5	1.8	0.0	7.3
	Q <sub>4</sub> - café e auga	1.8	34.5	23.7	30.9	1.8	7.3
	Q <sub>5</sub> - aceite e auga	21.8	60.0	10.9	0.0	0.0	7.3
	Q <sub>6</sub> - CO <sub>2</sub> e auga	16.4	49.1	5.4	20.0	0.0	9.1
Port. (n=92)	Q <sub>1</sub> - azúcre e auga	2.2	42.4	13.0	33.7	4.4	4.3
	Q <sub>2</sub> - alcohol e auga	2.2	78.2	9.8	2.2	1.1	6.5
	Q <sub>3</sub> - leite e auga	0.0	82.6	6.5	3.3	2.2	5.4
	Q <sub>4</sub> - café e auga	4.4	52.2	12.0	21.7	4.3	5.4
	Q <sub>5</sub> - aceite e auga	6.5	69.6	6.5	9.8	1.1	6.5
	Q <sub>6</sub> - CO <sub>2</sub> e auga	3.3	34.0	6.6	33.0	2.2	20.9

Os principais patróns de resposta que encontramos nos tres países son:

- Unha pequena porcentaxe de alumnos entre o 12 e 14% que responde correctamente a tódalas cuestións, aínda que non indica na maioría dos casos que se cumpre a lei de conservación da masa, polo que entendemos que non a considera coma unha lei xeralizada, senon que é o resultado da suma de soluto e solvente.

Se isto é así, entón estas respostas correctas teñen pouco valor, pois non corresponden a unha comprensión do fenómeno en causa, e pode dar unha falsa idea do proceso. Con todo, para ter certeza que é correcta a nosa interpretación, sería necesario entrevistar algúns alumnos, pedíndolles que explicasen porqué razón suman as dúas masas.

Se estas respostas corresponden a algunha comprensión correcta do fenómeno, sería necesario utilizar ese coñecemento positivo para estendelo a tódolos procesos físico-químicos, a excepción das reaccións nucleares, e que consideren a conservación da masa como unha lei de carácter universal.

- A conservación da masa, (opción B), nos exemplos de sistemas sólido-líquido aproxímase ó 40% nos tres países, e entre un 45 a 50% dos alumnos consideran, tanto no caso do azúcre como no de café soluble como solutos, que toda, (opción D), ou unha parte da masa, (opción C), desaparece cando se disolven, concordando coa nosa proposta inicial de que « **disolver equivale a desaparecer** ».

O feito no caso do café, de dar lugar a unha disolución coloreada

parece non influenciar significativamente nas respostas dos alumnos, toda vez que as percentaxes obtidas nesta cuestión son semellantes, nos tres países, às obtidas para o caso do azúcre. A difícil percepción visual do aumento do volume parece sobreporse a percepción da cor.

- Unha porcentaxe moi elevada, entre o 75 e 80% dos alumnos do primeiro ciclo de secundaria, nos tres países, conserva a masa cando se trata de sistemas líquido-líquido, o que nos confirma un dos nosos patróns atopados nos alumnos do segundo ciclo de secundaria, « La importancia de la percepción en la conservación de la masa » Mendoza et al (2002).

O feito é que, ó mesturar dous líquidos, perciben un aumento de volume, non ocorrido así no caso de solutos sólidos, e aplican o principio de conservación, non o proceso de disolución en moitos casos, senon que consideran que os dous líquidos se mesturan e por eso suman as súas masas.

- A conservación da masa é moito menor cando se emprega un gas como soluto entre un 30 e 35%, indicando nas súas explicacións en moitos casos que o gas non ten peso; asimismo debemos de resaltar que a opción F ( non sei), acada no caso dos gases un 20% de respostas, en dous dos tres países, o cal da idea da dificultade de manexo dos gases neste nivel educativo, e a especial adicación que deberíamos de prestar a súa explicación.
- Unha pequena porcentaxe de alumnos só conserva a masa nalgúns dos exemplos presentados, ou contesta indicando que descoñece a resposta, factor tamén a considerar se partimos da base de que nos tres países a lei de conservación da masa aparece nos seus currículos.
- Por último, queremos indicar que a análise das explicacións dos alumnos para a conservación da masa nos casos líquido-líquido e para a «non conservación» nos casos sólido-líquido, pode resumirse así: no primeiro eles falan de mestura, e no segundo falan de disolución. Significa isto que, para eles, a disolución implica que desaparece substancia, e que os sistemas líquido-líquido non son conceptualizados como disolucións, senon mais ben como un fenómeno que consideran diferente, que é a mestura de substancias.

## 6. VALORACIÓNS

Na análise dun contido é importante detectar cales son as diferentes respostas dos alumnos, e se é posible categorizalas en función das súas difi-

cultades e do propio desenvolvemento cognitivo dos diferentes grupos de alumnos.

Parece que dende o punto de vista de desenvolvemento cognitivo a lei de conservación da masa aparece sempre entre os 11 e 14 anos de idade nos diferentes modelos e propostas educativas, sen embargo tanto polos nosos estudos como polos anteriores (Driver, 1989; Prieto et al., 1989; Stavy, 1990; Lorenzo et al., 1993; Séré, 1996), a realidade é que esta non está asumida polos alumnos de secundaria.

Shayer e Adey (1986), indican na súa taxonomía que os alumnos entre 11 e 14 anos nun porcentaxe dun 80%, deberían de situarse na concepción de disolución, como unha mestura na que as partículas se entremezclan, pero permanecen «igual» de tal forma que cada unha individualmente conserva o seu volume, o seu o peso e as súas propiedades químicas.

Do exposto na táboa podemos deducir que só entre un 12 a 14 % está realmente neste estadio de desenvolvemento cognitivo.

É necesario, pois, adicar unha atención especial ás leis de carácter universal como conceptos básicos de formación, e empregar en sentido positivo as dificultades que aparecen na conservación da masa, tanto no proceso de disolución como nos demais procesos físico-químicos.

Pozo et al (1991) atribúen estas dificultades ás ideas dos alumnos sobre a continuidade/discontinuidade da materia, e máis concretamente à non utilización da noción de partícula.

De feito, a aceptación do carácter corpuscular da materia, e a idea de que as partículas se conservan (especialmente nunha disolución) son necesarias para a comprensión da conservación da masa e para que "disolver" deixe de significar "desaparecer".

Se é verdade que os alumnos só poden conservar a masa despois de aceptar aquelas ideas, tamén é verdade que a explicación corpuscular das disolucións poderá axudalos a comprender a conservación da masa noutros procesos.

## 7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- DRIVER, R., GUESNE, E. e TIBERGHEN, A. (1989). *Ideas científicas en la infancia y la adolescencia*. Madrid: M.E.C.
- EBENEZER, J. e ERICKSON, G. (1996). Chemistry students' conceptions of solubility: A phenomenography. *Science Education*, Vol. 80, nº 2, pp. 181-201.

- LONGDEN, K., BLACK, P. e SOLOMON, J. (1991). Children's interpretation of dissolving. *International Journal of Science Education*, Vol. 13, nº 1, pp. 59-68.
- LORENZO, F.M. e MENDOZA, J. (1993). Changing student's conceptions about non-conservation of volume in solutions. *Third Misconceptions Seminar Proceedings*. NY: Cornell University, Ithaca.
- MENDOZA, J. LEITE, L e BORSESE, A. (2002) Influencia de la percepción en la conservación de la masa. Un estudio con alumnos italianos, españoles y portugueses. *XX Encuentros de Didáctica de las Ciencias Experimentales*, pp 173-182.
- MENDOZA, J. (1998). O papel da percepción. A conservación da masa nas disolucións. *Boletín das Ciencias*, nº 35, pp. 5-19.
- OVERSBY, J. (2000). Good explanations for dissolving. *Primary Science Review*, nº 63 (Mayo/Junio).
- POZO, J.L, GÓMEZ CRESPO, M. A., LIMÓN, M. e SANZ, A. (1991). *Procesos cognitivos en la comprensión de las ciencias*. Madrid: MEC.
- PRIETO, T., BLANCO, A. e RODRIGUEZ, A. (1989). The ideas of 11 to 14-years old students about the nature of solutions. *International Journal of Science Education*, Vol. 11, nº 4, pp. 451-463.
- SELLEY, (1998). Alternative models for dissolution. *School Science Review*, vol 80, nº 290, pp.79-83.
- SHAYER, M. e ADEY, P. (1986). *La ciencia de Enseñar Ciencias. Desarrollo cognoscitivo y exigencias del currículo*. Ed. Narcea. pp 120-121.
- SÉRÉ, M. G. (1996). Children's conceptions of the gaseous state prior to teaching. *European Journal of Science Education*, Vol. 8, nº 4, pp. 413-425.
- STAVY, R. (1990). Pupils' problems in understanding conservation of matter. *International Journal of Science Education*, Vol. 11, nº 5, pp. 501-512.

LEITE, Laurinda (2002). Equivale dissolver a desaparecer? *In* Actas do XV Congreso de ENCIGA. Santiago de Compostela: Boletín das Ciencias, pp. 93-101.