

INFLUENCIA DE LA PERCEPCIÓN EN LA CONSERVACIÓN DE LA MASA UN ESTUDIO CON ALUMNOS ITALIANOS, ESPAÑOLES Y PORTUGUESES

José Mendoza, ICE, Universidade de Santiago de Compostela, España.

Laurinda Leite, Universidade do Minho, Portugal.

Aldo Borsese, Universidad de Génova, Italia.

INTRODUCCIÓN

Es reconocido por todos los investigadores de Didáctica de las Ciencias que las concepciones de los alumnos pueden tener diferentes orígenes; por otra parte, son también numerosos los trabajos en los que se pone de manifiesto que para enseñar Ciencias es necesario partir de las ideas de nuestros alumnos. Pozo et al. (1991) señalan tres posibles orígenes para esas ideas: el sensorial, el social y el analógico. En el primer caso de origen sensorial y perceptivo se formarían estas concepciones, en el intento de dar significado a las actividades cotidianas y se basarían esencialmente en el uso de reglas de inferencia causal aplicadas a datos recogidos -en el caso del mundo natural- mediante procesos sensoriales y perceptivos.

Hay ejemplos claros en la bibliografía sobre la influencia que ejerce la percepción sobre algunas concepciones que tienen los alumnos: la luz sólo existe cuando sus efectos son observables (Guesne, 1985), o los rozamientos no se perciben como fuerzas (Pozo, 1987), o los gases tienen propiedades cuando están coloreados (Seré, 1985), los metales son fríos, la lana es caliente (Driver et al. 1989), el corcho flota totalmente (Lorenzo, 1990). Pozo et al. (1991) indican que "*lo que no se percibe no se concibe*", difícilmente van a comprender lo que se conserva si sólo se fijan en lo que se transforma.

Con todo, uno de los aspectos de la enseñanza de las Ciencias donde la percepción parece jugar un papel determinante en los problemas de aprendizaje de los alumnos, es el caso de las conservaciones y más en concreto, de la conservación de la masa en los procesos de disolución. De hecho, Ebenezer y Erickson (1996) verificaron que la visualización (o no) del soluto tiene influencia en las explicaciones de los alumnos del undécimo año acerca de la disolución, haciendo que estas dependan del contexto de la tarea usada en la investigación, en lo que respecta a la conservación del

soluto. Por esta razón, Oversby (2000) defiende que la utilización en el laboratorio de solutos coloreados, tales como colorantes alimentarios y café, pueden contribuir a que los alumnos dejen de hablar de desaparición del soluto y pasen a hablar de dispersión, reduciendo así el porcentaje de concepciones alternativas que se centran en la idea de que cuando algo se disuelve, desaparece y, consecuentemente, deja de tener masa. Nótese que la idea de disolución como desaparición es muy frecuente entre los alumnos y especialmente usada por ellos en contextos del día a día, en que no se les exige que utilicen la teoría corpuscular, para explicar las disoluciones (Longden et al. 1991).

Por otro lado, un estudio realizado por Prieto et al. (1989), con alumnos españoles de 11 a 14 años, mostró que cuando se pregunta a los alumnos por disoluciones proponen ejemplos de disoluciones sólido-líquido, hay pocos casos donde propongan ejemplos de líquido-líquido y casi ninguno de gas-líquido. Por lo dicho y teniendo en cuenta el hecho de que los alumnos no aceptan en su mayoría que los gases tengan peso y que en algunos casos lleguen a pensar que al aumentar la cantidad del gas disminuye el peso (Seré, 1986), parece que haya una mayor dificultad en la conservación de la masa al disolver un gas en un líquido. Es también frecuente en la literatura encontrar ejemplos en los que los alumnos confunden masa y volumen (Mendoza, 1996).

A modo de síntesis, podemos decir que, del mismo modo que los científicos tuvieron dificultad para reconocer un modelo para el fenómeno de la disolución que fuese capaz de explicar todas las evidencias observables (Selley, 1998), también los alumnos tienen dificultad en explicar tal fenómeno, por lo que usan diferentes modelos, concordantes a los contextos en que el fenómeno se les presenta visualmente. Este hecho hace que a veces busquen explicaciones a los cambios aparentes, en otras ocasiones se fijen más en el estado inicial y final de una transformación y no analicen o reflexionen sobre el cambio, lo que les va a dificultar el comprender todos aquellos conceptos que implican conservaciones no observables.

OBJETIVO

Teniendo en cuenta las dificultades de alumnos, de varias edades, para explicar el proceso de disolución, en parte reseñadas en las citas anteriores, nuestra investigación está centrada en alumnos del último ciclo de la ESO en Portugal, Italia y España y con

ella pretendemos investigar la importancia que todavía mantiene la percepción en la interpretación de la conservación de la masa en los procesos de disolución en un caso de un sólido en líquido, frente a otros dos ejemplos de un líquido en otro líquido y de un gas en un líquido.

METODOLOGÍA

La consecución del objetivo de este estudio fue lograda a través de la aplicación de un cuestionario (ver Anexo), elaborado para el efecto, y aplicado a 294 alumnos que se encontraban en el último curso de la escolaridad obligatoria en España, Italia y Portugal.

El cuestionario, contenía seis cuestiones de opción múltiple, solicitándose la justificación de la opción elegida. Fue organizado de tal modo que incluye situaciones en que sustancias con diversas características sean adicionadas a una determinada cantidad de agua, que varía de cuestión en cuestión con el fin de desactivar una tendencia fija de respuesta. Se usaron como solutos sustancias en los tres estados físicos, sustancias que originan soluciones incoloras (azúcar, alcohol y dióxido de carbono) y soluciones coloreadas (leche y café soluble) y una sustancia no miscible (aceite), siempre con el agua como disolvente. Se pedía a los alumnos que indicasen el valor de la masa resultante de la disolución. Las opciones de respuesta presentadas a los alumnos eran del tipo: valor mayor que la suma de las masas (A), valor igual la suma de las masas (B), valor entre la masa del agua y la suma de las masas (C), valor de la masa del agua (D), valor menor que la masa del agua (E) y no sé. La opción A correspondería al aumento de masa, por lo que no es de prever que sea muy escogida. La opción B corresponde a la conservación de las masas y, por lo tanto la opción correcta. La tercera opción, C, corresponde a una conservación parcial de la masa y esperamos que, en cuestiones donde no se observa un aumento de volumen, y cuyo resultado final es una solución coloreada, sea escogida por algunos de los alumnos. La opción D corresponde a la conservación de la masa del "solvente" y la pérdida de la masa del "sóluto". Esta opción será atractiva en los casos en que el aspecto final dé una solución incolora y en la que no se observa un aumento del volumen. La opción E corresponde no solo a la pérdida de la masa del soluto, sino también a la pérdida de alguna masa del solvente. Es una opción poco lógica y no se espera que sea seleccionada por un número considerable

de alumnos. La opción F garantiza a los alumnos que no saben responder afirmar eso mismo, distinguiéndolos así de aquellos que eventualmente se olvidan de responder.

Se hizo un análisis cuantitativo de los datos, para obtener el porcentaje de alumnos que escogió cada una de las alternativas de respuesta y poder así concluir acerca de la conservación o no de la masa por los alumnos. Las justificaciones dadas por los alumnos para sus opciones fueron objeto de análisis cualitativo con el fin de identificar los patrones de respuesta más utilizados.

RESULTADOS

En la tabla 1 se presentan las distribuciones de las respuestas de los alumnos a las seis cuestiones para las diferentes categorías (opciones) de respuesta.

En cualquiera de las cuestiones, los porcentajes de alumnos que escogieron las opciones A y E son, tal como era de esperar, muy bajos, dado que estas opciones de respuesta no tienen lógica. El porcentaje de alumnos que escogieron la opción F depende de la cuestión, mereciendo resaltar el porcentaje de alumnos que escogieron la opción F en el caso de la cuestión 6, lo que puede significar que el hecho de incluir un gas provocó más dificultades a los alumnos. El porcentaje de alumnos que escogió la respuesta correcta (B) en las cuestiones en que las dos sustancias están en el estado líquido es superior al porcentaje de alumnos que escoge la respuesta correcta en las cuestiones en que una de las sustancias está en el estado sólido o en el estado gaseoso.

Tabla 1: distribuciones de las respuestas de los alumnos a las seis cuestiones para las diferentes categorías de respuestas en (%) (N=294)

País	Cuestiones	A	B	C	D	E	F
Esp. (n=94)	Q ₁ - azúcar y agua	0.0	33.4	45.2	16.1	0.0	5.3
	Q ₂ - alcohol y agua	7.5	68.7	17.5	1.1	0.0	5.2
	Q ₃ - leche y agua	4.4	70.2	17.5	1.1	3.3	3.5
	Q ₄ - café y agua	0.0	37.8	42.9	16.1	0.0	3.2
	Q ₅ - aceite y agua	0.0	84.8	9.9	1.1	0.0	4.3
	Q ₆ - CO ₂ y agua	0.0	32.4	15.6	15.7	7.9	28.2
It. (n=108)	Q ₁ - azúcar y agua	6.5	29.2	42.9	16.7	0.0	4.6
	Q ₂ - alcohol y agua	5.1	52.3	26.7	7.4	3.7	4.6
	Q ₃ - leche y agua	6.9	71.7	15.3	1.4	0.0	4.6
	Q ₄ - café y agua	5.6	24.5	28.2	29.6	1.9	10.1
	Q ₅ - aceite y agua	17.5	57.9	15.7	5.5	1.8	6.4
	Q ₆ - CO ₂ y agua	14.8	24.1	9.2	31.4	3.7	16.7
Port. (n=92)	Q ₁ - azúcar y agua	0.0	33.7	18.5	44.6	3.2	0.0
	Q ₂ - alcohol y agua	6.5	54.3	12.0	9.8	0.0	17.4

Q ₁ - leche y agua	3.3	70.7	6.5	5.4	0.0	14.1
Q ₄ - café y agua	0.0	40.2	15.2	38.1	0.0	6.5
Q ₅ - aceite y agua	5.4	70.7	5.4	5.4	1.1	12.0
Q ₆ - CO ₂ y agua	4.3	25.0	3.3	33.7	0.0	33.7

Cerca de 50% de los alumnos escogieron las opciones C o D y, por lo tanto, no conservaron la masa en las cuestiones 1 (en que se usa azúcar) y 4 (en la que se usa café soluble). Tal vez este hecho se deba a la no observación de un aumento de volumen del agua para la solución final, sin embargo, al contrario de lo que esperábamos, el hecho de la coloración en el caso de la disolución de café no favoreció lo esperado la conservación de la masa.

La conservación de la masa es, en todos los países, siempre mayor en el caso de disolución de líquidos, entre el 52% (alcohol y agua) y el 70% (leche y agua), que cuando el soluto es un sólido, lo que confirma la idea de que los alumnos están muy influenciados por la percepción de aumento de volumen en el caso de líquidos, no siendo así en el caso de los solutos sólidos.

En el caso de la conservación de la masa en disoluciones de gases, el número de alumnos, que responde "no sé", es mucho mayor lo que nos confirma la dificultad de la utilización de los gases.

Es importante destacar que en el caso de dos líquidos no miscibles (aceite y agua), es uno de los ejemplos donde se contesta mayoritariamente conservando la masa, lo que nos hace pensar que "se conserva lo que no se disuelve", de manera parecida a lo que en las justificaciones de los alumnos se contesta cuando se conserva la masa en la disolución de líquidos: "se suman las masas porque se mezclan", entendiendo que lo que se disuelve desaparece, dado que no se percibe un aumento de volumen significativo. Esta interpretación es contraria a la realidad, dado que desconocen que en la adición de líquidos solubles lo que no se conserva es el volumen, si estos son diferentes.

El análisis cualitativo de las explicaciones de los alumnos, muestra que, al intentar justificar las opciones de las diversas cuestiones, algunos alumnos no utilizan un patrón de respuesta coherente. Con todo, el análisis de las explicaciones presentadas por otros alumnos apunta a la existencia de cuatro patrones básicos de razonamiento acerca de la conservación de la masa en las disoluciones, los cuales parecen depender, del estado físico del soluto no tanto por las características de este, sino por el efecto que

tiene en el volumen final de la solución. No podemos, por limitaciones de espacio, presentar ejemplos de respuestas que evidencien los patrones encontrados en las respuestas de los alumnos, por lo que nos limitamos a enunciarlos:

- *En una disolución, cualquiera que sean los componentes, se conserva la masa.*
- *En una disolución se conserva la masa si no intervienen como soluto los gases.*
- *Cuando una sustancia en el estado líquido se disuelve, continúa teniendo masa; cuando una sustancia en estado sólido se disuelve su masa disminuye (sin anularse) y cuando un gas se disuelve, deja de tener masa.*
- *Cuando una sustancia se disuelve, desaparece y, por lo tanto, deja de tener masa.*

CONCLUSIONES E IMPLICACIONES PARA EL APRENDIZAJE

Los resultados del estudio indican que, tal como sugieren las investigaciones anteriores, la influencia de la percepción en la conservación de la masa en el proceso de disolución es todavía muy importante en la enseñanza secundaria obligatoria. El volumen final de la disolución, tal como era esperado, parece ser el factor determinante, no siendo tan trascendental el color del soluto, comparando los resultados obtenidos con los datos que encontramos en la literatura. Por otro lado los alumnos de los tres países utilizaron razonamientos semejantes, resultado que era esperado una vez que la percepción de los fenómenos es la causa determinante.

Parece que el sistema cognitivo del alumno, está en un porcentaje muy importante, afectado por la dimensión cambiante del estado físico del soluto (sólido, líquido o gas), y por lo que se refiere a ello como dimensión significativa del problema (se fijan más en el estado físico del soluto que en el propio proceso que se les pide interpretar y en la aplicación del principio de conservación).

Por tanto, los factores, que afectan a los resultados de los alumnos, en estas respuestas deben centrarse en primer lugar en el estado físico de los solutos.

En los ejemplos que hemos investigado un porcentaje del orden de entre el 40 y el 50% piensa que al disolver un sólido en un líquido, el total o una parte del soluto desaparece, en unos casos por suponer que el proceso de disolución implica una desaparición, (*disolver equivale a desaparecer*), por lo que la masa o peso de la disolución no aumenta o lo hace un poco, pero no los g de azúcar, de café o de carbónico añadidos.

Por el contrario en el caso de los líquidos (alcohol en agua) (leche en agua), un

porcentaje importante considera que la disolución no tiene lugar, sino que lo que realmente ocurre es que "se mezclan" los dos líquidos, y al mezclarse aplican la propiedad de conservación de la masa, pero sigue persistiendo un error conceptual importante en el concepto propio de disolución puesto que se asocia a desaparición, mientras que al mezclar no desaparece la masa porque se trata de dos líquidos.

Este primer factor y los que hemos indicado en las respuestas supone unas implicaciones en el aprendizaje de las ciencias que tratamos de resumir.

1. Nuestros alumnos deben tener muy claro que un cambio de estado físico no supone un cambio ni en la cualidad ni en la cantidad de materia, diferenciando claramente el concepto operativo de masa, frente a la fuerza con que son atraídas las partículas que constituyen esa masa (peso); y que lo que varía en el cambio de estado es la densidad de la materia, pero no la cantidad y consecuentemente tampoco su peso, mientras no varíe apreciablemente su situación en el espacio. De aquí la importancia que consideramos debe darse al concepto de masa como magnitud fundamental, y a nivel operativo como cantidad que permanece constante en todos los cambios físicos y químicos excepto en las reacciones nucleares.
2. El concepto operativo de masa nos ayudaría también a corregir los errores conceptuales de que, *un sólido dentro del agua pesa menos y consecuentemente tiene menos masa*, frente a la idea de que la cantidad de materia es la misma dentro que fuera del agua e interpretar correctamente peso en el aire, peso en el agua, u otro medio, permaneciendo invariable la masa.
3. La ley de la conservación de la masa es una de las piedras angulares de la teoría de partículas de la materia y de la química moderna, por lo tanto debe ser "usada" por los alumnos en diversos casos (reacciones químicas, cambios de estado, disolución, dilatación, etc.) en su formación en las Ciencias.

Creemos que solamente a través de una secuencia con intervenciones fundamentalmente experimentales, centrados en la observación del volumen y midiendo las masas en diferentes tipos de disoluciones, donde los alumnos construyan su propio aprendizaje, estaremos en condiciones de conseguir que utilicen el principio de conservación de la masa como una ley de carácter universal, al mismo tiempo lo podrán aplicar luego a los otros procesos en que lo necesiten, independientemente de la percepción visual que pueda inducirlos al error, de esta manera será más fácil "vencer" hacia el sentido

positivo y científico y que en esa competición dinámica entre los distintos conocimientos que posee el alumno, no prevalezca la idea más perceptiva, sino la más rigurosa y científica.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

GUESNE, E. (1985). *Lumière et vision des objets. Physics Teaching in Schools*. Londres: Delacote.

DRIVER, R., GUESNE, E. y TIBERGHEN, A. (1989). *Ideas científicas en la infancia y la adolescencia*. Madrid: M.E.C.

EBENEZER, J. y ERICKSON, G. (1996). Chemistry students' conceptions of solubility: A phenomenography. *Science Education*, Vol. 80, nº 2, pp. 181-201.

LONGDEN, K., BLACK, P. y SOLOMON, J. (1991). Children's interpretation of dissolving. *International Journal of Science Education*, Vol. 13, nº 1, pp. 59-68.

LORENZO, F.M. (1990). ¿Cómo flotan los cuerpos que flotan?. Concepciones de los estudiantes. *Enseñanza de las Ciencias*, Vol. 8, nº 3, pp. 244-250.

LORENZO, F.M. y MENDOZA, J. (1993). Changing student's conceptions about non-conservation of volume in solutions. *Third Misconceptions Seminar Proceedings*, NY: Cornell University, Ithaca.

MENDOZA, J. (1996). Estudios sobre la comprensión de contenidos en Química e Ingeniería Química en el campo de las disoluciones. *Tesis Doctoral*, Universidad de Santiago de Compostela.

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.I., GÓMEZ CRESPO, M. A., LIMÓN, M. y SANZ, A. (1991). *Procesos cognitivos en la comprensión de las ciencias*. Madrid: MEC.

PRIETO, T., BLANCO, A. y 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.

SÉRÉ, M.G. (1985). A study of some frameworks used by pupils 11-13 years in the interpretation of air pressure. *European Journal of Science Education*, Vol. 4, pp. 299-309.

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.

ANEXO

- Se añaden 20 g de azúcar a 250 g de agua, a continuación se agita hasta que todo el azúcar se disuelve en el agua.
 - la masa resultante de la disolución final será de:

mas de 270 g	270 g
entre 250 e 270 g	250 g
menos de 250 g	no lo sé
 - explica el porqué de tu respuesta.
- Se añaden 10 g de alcohol a 100 g de agua, en un recipiente cerrado, y se agita hasta que todo el alcohol se disuelve en el agua.
 - la masa resultante de la disolución final será de:

mas de 110 g	110 g
entre 100 e 110 g	100 g
menos de 100 g	no lo sé
 - explica el porqué de tu respuesta.
- Se añaden 25 g de leche (líquida) a 50 g de agua, a continuación se agita hasta que todo la leche se disuelve en el agua.
 - la masa resultante de la disolución final será de:

mas de 75 g	75 g
entre 50 e 75 g	50 g
menos de 50 g	no lo sé

b) explica el porqué de tu respuesta.

4. Se añaden 2 g de café soluble a 50 g de agua, a continuación se agita hasta que todo el café se disuelve en el agua.

a) la masa resultante de la disolución final será de:

- | | |
|-----------------|----------|
| mas de 52 g | 52 g |
| entre 50 e 52 g | 50 g |
| menos de 50 g | no lo sé |

b) explica el porqué de tu respuesta.

5. Se añaden 5 g de aceite a 20 g de agua, a continuación se agita quedando el aceite en la parte superior del recipiente.

a) la masa resultante final será de:

- | | |
|-----------------|----------|
| mas de 25 g | 25 g |
| entre 20 e 25 g | 20 g |
| menos de 20 g | no lo sé |

b) explica el porqué de tu respuesta.

6. Se añade 2 g de gas carbónico a 500 g de agua en un recipiente cerrado que no permite el escape del gas, a continuación se agita hasta que todo el gas carbónico se disuelve en el agua.

a) la masa resultante de la disolución final será de:

- | | |
|-------------------|----------|
| mas de 502 g | 502 g |
| entre 500 y 502 g | 500 g |
| menos de 500 g | no lo sé |

b) explica el porqué de tu respuesta.

MENDOZA, José; LEITE, Laurinda & BORSESE, Aldo (2002). Influencia de la percepción en la conservación de la masa: Un estudio con alumnos italianos, españoles y portugueses. *In Actas dos XX Encuentros de Didáctica de las Ciencias Experimentales*. La Laguna: Relación Secundaria Universidad, pp. 173-182.