

LAS TEORÍAS DE LOS ALUMNOS Y EL PROGRESO EN LA COMPRENSIÓN DE LAS DISOLUCIONES

RUÍZ CHICA¹, M^a LUCÍA; BLANCO LÓPEZ², ÁNGEL y PRIETO RUZ², TERESA

¹ Instituto Provincial de Formación de Adultos (IPFA).

² Didáctica de las Ciencias Experimentales. Facultad de Ciencias de la Educación de la Universidad de Málaga.

Palabras clave: Dominio específico; Progreso en la comprensión; Teorías de los alumnos; Disoluciones.

OBJETIVOS

Este estudio pretende, en primer lugar, caracterizar las teorías que utilizan los alumnos en el dominio específico de las disoluciones (teorías de dominio) y definir en ellas un esquema de progreso en la comprensión. En segundo lugar, analizar la evolución de dichas teorías a lo largo de la Educación Secundaria Obligatoria (ESO) y Bachillerato.

El objetivo final es formular propuestas de enseñanza innovadoras en este dominio y adecuadas a las etapas educativas estudiadas (ESO y Bachillerato).

MARCO TEÓRICO

Una línea de investigación sobre la que vienen trabajando los autores es la del progreso en la comprensión de dominios específicos desde la perspectiva de las teorías de los alumnos. En un trabajo anterior (Prieto, Blanco y Brero, 2002) se ha realizado una propuesta para la caracterización de las teorías de dominio y para el estudio del progreso en la comprensión.

Uno de los dominios objeto de investigación es el de las disoluciones. Blanco (2003) ha definido, a partir de los estudios de las concepciones de los alumnos y de los modelos sobre las disoluciones en la historia de la química, las teorías que los alumnos suelen utilizar, teniendo en cuenta tres dimensiones o perspectivas posibles al realizar sus explicaciones. Estas dimensiones son las que se centran, respectivamente en el *proceso*, en el *producto* o en las causas.

En la dimensión de *proceso* se hace referencia a los componentes o factores que se utilizan para describir el proceso de disolución: las acciones externas (agitar, calentar, etc.), el soluto, el disolvente o las dos sustancias, de forma aislada, o considerando algún tipo de interacción entre ellas. En la de *producto* la atención se centra en el resultado del proceso: la desaparición del soluto, la mezcla de ambas sustancias, o la interacción entre el soluto y el disolvente con transformación de sustancias o sin ella. En la de *causas* se presta atención a las razones por las que se disuelven las sustancias: debido a las acciones externas, a las propiedades del soluto, a las del disolvente o a las de ambas sustancias.

Tomando en consideración estas tres dimensiones y las respuestas de los alumnos que han participado en

este estudio, se formulan las cinco teorías siguientes sobre las disoluciones (teorías de dominio):

- Teoría de las acciones externas y de las mezclas (TAE).
- Teoría del soluto (TS).
- Teoría del disolvente (TD).
- Teoría de la reacción (TR).
- Teoría de la interacción (TI).

La TAE, a la que consideramos la más elemental, implica concebir la disolución como un proceso de mezcla física de sustancias que comparten un medio sin que exista interacción entre ellas. Se atribuye su causa a las acciones externas (agitar o calentar) de modo que cuando estas acciones dejan de hacer efecto las sustancias disueltas se separan.

La TS se centra en lo que le ocurre al soluto y, en ella, el disolvente es concebido como un medio pasivo. Las causas de la disolución se atribuyen a la acción o a características del soluto. Corresponde a un nivel de comprensión más elevado que la TAE ya que pasa de atribuir la causa de la disolución a un factor externo a hacerlo a una de las sustancias que participan de la disolución. Esta teoría puede ser fruto de las observaciones de experiencias cotidianas en las que las principales transformaciones visibles corresponden al soluto (disoluciones en líquidos de azúcar, de sal, etc.).

La TD se centra y atribuye la causa de la disolución al papel activo del disolvente. Supone un paso adelante en la comprensión de las disoluciones respecto a la teoría del soluto, ya que es fruto del aprendizaje escolar, aunque aún no se llegue a concebir que las dos sustancias puedan actuar simultáneamente. Otro aspecto distintivo de esta teoría es la ausencia de la idea de interacción entre ambas sustancias. En el proceso de disolución se supone que el disolvente ejerce una acción mecánica sobre el soluto haciendo que se disperse.

La TR tiene en cuenta el papel de *las dos sustancias*, de modo que interaccionan dando lugar a una sustancia nueva. Supone, desde nuestro punto de vista, un nivel de comprensión de las disoluciones mayor que TD puesto que comienza a reconocerse un papel activo a las dos sustancias y la interacción entre ambas, aunque se corresponda más con el concepto de reacción química que con un cambio físico.

La TI es la que se corresponde con la explicación científica. Tiene en cuenta un papel activo para *las dos sustancias* que interaccionan entre sí, sin que se formen nuevas sustancias. Los alumnos pueden expresar la idea de interacción indicando que *se unen* o *que interaccionan* sin concretar el tipo de interacción y, en el caso de los de mayor nivel educativo suelen utilizar expresiones que aluden a la polaridad de las partículas, a que son hidrófilas o hidrófobas o a que existen enlaces.


En la tabla 1 se recoge un resumen de las teorías de dominio descritas, ordenadas según un criterio de progreso en la comprensión de las disoluciones

DESARROLLO DEL TEMA

Para estudiar el uso que los alumnos hacen de las teorías de dominio anteriores, se ha diseñado un cuestionario específico sobre disoluciones que parte del que utilizó Blanco (1995) para explorar las concepciones de los alumnos de 11-14 años (2ª Etapa de EGB) sobre algunos aspectos de las disoluciones y de los factores que influyen en ellas y que se mostró útil para dicho propósito. El cuestionario está formado por 6 preguntas abiertas, referentes a los siguientes aspectos de las disoluciones:

- Explicaciones sobre el término *disolver* y la reversibilidad del proceso, expresados de manera general.
- Imágenes de las disoluciones relativas a sólidos, líquidos y gases disueltos en agua.

TABLA 1
Relación entre las teorías de dominio y la comprensión de las disoluciones.

PROGRESO EN LA COMPRENSIÓN DE LAS DISOLUCIONES			
Teoría	Características		Avance en la comprensión
TAE	Se atribuye la disolución a factores externos		
TS	El papel activo se atribuye a una sola sustancia	su transformación se puede observar	
TD		su transformación o acción no se puede observar	
TR	Hay interacción entre ambas sustancias que	produce cambio en la naturaleza de las sustancias	
TI		no produce cambio en la naturaleza de las sustancias	

- El papel del soluto y del disolvente en una disolución de azúcar en agua.
- Las razones por las que unas sustancias cotidianas son solubles en agua y otras no.
- El papel de la agitación en las disoluciones de azúcar o de sal en agua.

Estas preguntas, y los apartados en que se desglosan algunas de ellas, constituyen un conjunto de 10 situaciones que ofrecen al estudiante diversos contextos y ejemplos concretos en los que plasmar sus conocimientos y a los investigadores una plataforma adecuada para identificar y caracterizar su grado de comprensión.

El cuestionario se administró a una muestra de 150 alumnos, 49 de 2º de ESO, 52 de 4º de ESO y 49 de 2º de Bachillerato, correspondientes a dos Institutos públicos de Málaga capital que representan a un alumnado de nivel socioeducativo medio-bajo.

Para identificar las teorías que utilizan los alumnos en sus respuestas al cuestionario, se parte del análisis previo de cada una de las preguntas y se han tenido en cuenta los siguientes criterios:

- En general, el uso de una teoría se deduce del contexto del conjunto de respuestas, aunque, en algunos casos, una sola respuesta nos lleva a clasificar a este alumno dentro del grupo que hace uso de una teoría por utilizar en ella sus elementos diferenciadores.
- Cuando decimos que un alumno usa una teoría, queremos decir que algunas de sus respuestas están en el ámbito de esta teoría de modo que utiliza sus elementos diferenciadores, aunque no exprese todos sus matices ni la vuelva a utilizar en el resto del cuestionario.
- Cuando un alumno utiliza dos teorías, entendemos que ha dado un paso en la comprensión de las disoluciones sin abandonar totalmente la teoría anterior. Por ello, en el análisis de las respuestas hemos tenido en cuenta todas las teorías que utiliza cada alumno al responder al cuestionario.
- Los alumnos que no aportan información suficiente en sus respuestas como para asociarlas con el uso de una determinada teoría se han incluido en “Otros”.

Teniendo en cuenta estos criterios se han identificado y cuantificado el uso que hacen los alumnos de las teorías de dominio. En la tabla 2 se muestran los resultados obtenidos en cada uno de los niveles de la muestra.

TABLA 2
Frecuencias de uso de las teorías de disolución en cada uno de los niveles de la muestra.

NIVEL	TEORÍA					
	OTROS	TAE	TS	TD	TR	TI
2º ESO	11	17	28	2	2	
4º ESO	5	23	28	4	4	2
2º BACH		14	26	13	12	19
Total	16	54	52	19	18	21

En términos absolutos TAE y TS son las dos teorías más usadas en la totalidad de la muestra, pero sobre todo destacan en los niveles de 2º y 4º de ESO en los que prácticamente son las únicas utilizadas. En 2º de Bachillerato su uso viene acompañado por las teorías de niveles de comprensión más avanzados TD, TR y TI. También hay que resaltar que disminuye el número de alumnos que no han encajado en las teorías (Otros) conforme pasamos a los niveles superiores; en 2º de Bachillerato no aparece ningún alumno en este grupo.

Con objeto de precisar más en el uso de las teorías, se ha identificado y cuantificado los perfiles teóricos - conjunto de teorías- que utilizan los alumnos y que se muestran en la tabla 3. El número de teorías utilizadas en un perfil da idea tanto de la capacidad de expresión de un alumno como de los conocimientos químicos al utilizar teorías de mayor complejidad.

TABLA 3
Frecuencia de los distintos perfiles teóricos utilizados por los alumnos de cada uno de los niveles de la muestra.

PERFIL TEÓRICO	2º ESO	4º ESO	2º BACH
TAE	10	12	8
TAE + TS	7	11	3
TS	18	14	8
TS+TD	2	1	2
TD		2	3
TS+ TR	2	1	2
TAE+TD+TR			1
TS+TD+TR			1
TD+TR		1	
TR		2	3
TAE+TI			1
TAE+TS+TI			1
TS+ TI		1	5
TAE+TD+TI			2
TS+TD+TI			3
TD+TI			1
TAE+TR+TI			1
TD+TR+TI			1
TR+TI			1
TI		1	1
Total	39	46	50

En estos resultados podemos identificar dos líneas de progreso en la comprensión:

A. En cuanto a los tipos de perfiles utilizados:

- El 75 % de los alumnos de 2º de ESO utilizan una sola teoría, que suelen ser TAE o TS. Sólo cuatro alumnos muestran un perfil algo más complejo con la utilización de TS junto a TD o TR.
- En 4º de ESO se produce un avance que se manifiesta en el hecho de que 15 alumnos utilizan dos teorías, que en cuatro casos incluyen TD, TR o TI. Podemos decir que comienzan a tener más posibilidades teóricas de expresión, aunque el rango de teorías utilizadas por la mayoría difiera poco de los alumnos del nivel anterior.
- En 2º de Bachillerato se produce un avance considerable en este sentido. Los alumnos manifiestan perfiles teóricos mucho más complejos (utilización hasta de tres teorías) y abarcan todo el rango de las teorías definidas.

B. En cuanto al nivel máximo de las teorías utilizadas (dado por la teoría de mayor nivel, utilizada en solitario o acompañada por otras teorías):

- Se observa un progreso claro en la comprensión de las disoluciones al avanzar en los niveles educativos (el 34 % de los alumnos de 2º de Bachillerato utilizan la teoría de interacción, 4 % en de 4º de ESO y ninguno en 2º de ESO)
- La teoría de la interacción es la que marca una diferencia sustantiva entre los alumnos de la ESO y los de Bachillerato.

De forma paralela a estas líneas de progreso encontramos otras teorías (TAE y TS) cuyo uso está muy extendido en todos los niveles educativos, que son modelos cotidianos de hablar y pensar sobre las disoluciones y, por estos datos, muy arraigados en los alumnos a pesar de su nivel de instrucción en química.

Llama la atención la convivencia en el uso de teorías muy alejadas desde el punto de vista de la comprensión (como TAE, TS y TI,) por parte de los mismos alumnos. Un ejemplo sería el siguiente alumno de 4º de ESO:

En un momento escribe:

Sus moléculas se separan y se dispersan entre las moléculas de agua, algunas uniéndose en ellas, y otras en busca de algo a lo que aferrarse
... Sus moléculas atraen a las del azúcar, de modo que se une (y hace un dibujo con dos partículas interaccionando)

Pero en otra pregunta posterior escribe:

Sí, hay que agitar porque si no las moléculas no se separan e impide que se unan a las del agua.

Estos alumnos conocen la teoría de interacción, pero no han abandonado la de acciones externas. En general, son alumnos que no tienen en cuenta el movimiento intrínseco de las partículas, por lo que consideran necesarias las acciones externas para que se produzca la interacción. Las razones del arraigo de esta teoría, centradas en las experiencias cotidianas y el refuerzo de la enseñanza, han sido explicadas en un trabajo anterior (Blanco y Prieto, 1997).

También es necesario resaltar, aunque con un nivel de relevancia menor, la existencia de un grupo de alumnos, más significativos en 4º de ESO y 2º de Bachillerato, que utilizan la TR, que no corresponde con la enseñanza escolar de las disoluciones.

CONCLUSIONES

Desde nuestro punto de vista es importante resaltar que los alumnos son capaces de llegar a usar hasta la TI. El hecho de sólo lleguen en el nivel de 2º de Bachillerato y sólo lo hagan en la proporción que muestran

estos resultados puede deberse en algunas medida a los propios alumnos y también a factores externos como la enseñanza, que quizás no haga hincapié en estas ideas, o a los instrumentos de recogida de datos de esta investigación, quizás otros tipos de cuestiones o preguntas podrían, aunque sólo se trata de una hipótesis, ayudar más a los alumnos a manifestar estas ideas.

Estos resultados plantean, en primer lugar, la necesidad de dedicar más atención a las explicaciones de los fenómenos de disolución en las clases de químicas. Estas explicaciones deberían abordar explícitamente las tres dimensiones que se han definido al establecer el marco teórico: proceso, producto y causas. Los datos que manejamos sobre los libros de texto (Ruiz, Prieto y Blanco, 2001) muestran que suelen hacer mucho hincapié en la dimensión de *producto*, menos en la de *proceso* y muchísimo menos en la de causas. Esta última se recoge fundamentalmente en los de Bachillerato.

En segundo lugar, la conveniencia de aplicar modelos de enseñanza que incidan en la utilización de la teoría de interacción, relacionándola y diferenciándola de interpretaciones cotidianas como la teoría del soluto y de las acciones externas, que tengan en cuenta la interacción entre el soluto y el disolvente tanto en el proceso como en el producto obtenido.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BLANCO, A. (1995). *Estudio sobre las concepciones de los alumnos sobre algunos aspectos de las disoluciones y de los factores que influyen en ellas*. Tesis Doctoral publicada en microfichas, SPICUM, Universidad de Málaga.
- BLANCO, A. (2003). Teorías de los alumnos sobre las disoluciones de sólidos en líquidos. Universidad de Málaga (documento no publicado).
- BLANCO, A. y PRIETO, T. (1997). Pupils' views of how stirring and temperature affect the dissolution of a solid in a liquid: A cross-age study (12 to 18). *International Journal of Science Education*. 19(3), 303-315.
- PRIETO, T., BLANCO, A. y BRERO, V. (2002). La progresión en el aprendizaje de dominios específicos: una propuesta para la investigación. *Enseñanza de las Ciencias*, 20(1), (2002), pp. 3-14.
- RUIZ, M^a.; PRIETO, T. y BLANCO, A. (2001). Actividades propuestas en los libros de texto con relación a la teoría cinético-molecular. Actas del VI Congreso Internacional sobre Investigación en la Didáctica de las Ciencias. Tomo I, pags. 129-130. Barcelona.