



Representando las disoluciones en el contexto de las bebidas gaseosas

Representing solutions in fizzy drinks context

Joaquín Cañero-Arias¹, Ángel Blanco-López¹ y José María Oliva Martínez²

Recepción: 22/04/2021

Aceptación: 23/06/2021

Resumen

Las disoluciones constituyen un núcleo conceptual importante para el aprendizaje de la química. Además, su estudio contextualizado desde la realidad próxima al alumnado, y a través de prácticas de modelización, puede ayudarlos a mejorar el interés por la química. Es por ello que, hemos elegido las bebidas gaseosas como contexto para estudiar las disoluciones en el aula, dentro del marco de una investigación que ensaya, implementa y evalúa una unidad didáctica (UD) que combina estrategias de contextualización y modelización. En concreto, en este artículo se pretende caracterizar las representaciones finales que utilizan estudiantes de 15 años, con objeto de detectar dificultades y obstáculos a tener en cuenta para mejorar dicha unidad. Los resultados obtenidos muestran la necesidad de mejorar el desempeño del alumnado para representar, a nivel submicroscópico, los ingredientes constituyentes, particularmente del agua y del dióxido de carbono en la disolución, e intensificar las conexiones existentes entre las representaciones a este nivel y las propiedades de la disolución. Los resultados también proporcionan un indicador del potencial y de las limitaciones de la UD empleada para favorecer la construcción en los estudiantes de un modelo de la disolución acorde con el de la ciencia escolar.

Palabras clave

Disoluciones, modelización, contextualización, bebidas gaseosas.

Abstract

Chemical solutions constitute an important core concept for chemistry learning. In addition, its contextualized study looked from the students' daily-life and through modeling practices can help to improve student interest in chemistry. This is the reason why we have chosen carbonated soft drinks as a context to teach and learn chemistry solutions in the classroom at the core of a research that tests, implements and assesses a teaching-learning unit, which combines contextualization and modeling approaches. Specifically, this article aims to characterize the final representations used by 15-year-old students, in order to detect difficulties and obstacles to take into account to improve the teaching-learning unit. The results obtained show the need of improvement of the students' performance to represent at submicroscopic level the constituent ingredients, especially in the case of water and carbon dioxide and to intensify the existing connections among the components representations at that level and the properties of the solution. Moreover, the results also provide an indicator about the potential and the limitations of the teaching-learning unit utilized to foster students' building of a model of solution accordingly with school science.

Keywords

Chemical solutions, modeling, context-based learning, fizzy drinks.

¹Universidad de Málaga (UMA), España.

²Universidad de Cádiz (UCA), España.

Introducción

Un factor clave para el aprendizaje en química es abordar sus contenidos de una forma contextualizada, por ejemplo, acercándolos a la realidad del alumnado (Caamaño, 2018). Para ello, los profesores deben recurrir a fenómenos relacionados con la vida cotidiana, lo cual confiere un especial interés a su aprendizaje, lo que no implica perder de vista las ideas y modelos científicos a enseñar (King y Ritchie, 2012).

Igualmente, los modelos juegan un papel importante en la enseñanza de la química (Gilbert y Treagust, 2009), asumiéndose que el alumnado debe aprender modelos, debe usarlos y debe ser capaz de evaluarlos y reconstruirlos (Oliva-Martínez y Aragón, 2009). Particularmente, formar alumnos competentes en el manejo y comprensión de situaciones de la vida diaria a través de modelos de la química, requiere que éstos participen en la elaboración de modelos sobre fenómenos cercanos, desarrollando a la vez destrezas y valores epistémicos que les permitan gestionarlos, entender su alcance y su valor, y asumir sus limitaciones y la necesidad de cambiarlos, si fuera necesario (Justi y Gilbert, 2002; Oliva y Aragón, 2015).

Las disoluciones son un contenido clave para el aprendizaje de la química y las bebidas gaseosas suponen un contexto conocido y rico para el alumnado, ya que, desde la química, su elaboración implica la disolución de sustancias inicialmente en los tres estados de la materia: gaseoso (dióxido de carbono), líquido (agua) y sólido (azúcar).

En la enseñanza de la química, se carece de estudios que aborden la modelización de las disoluciones en el contexto de las bebidas gaseosas. Por ello, y en el marco del diseño e implementación de una unidad didáctica (UD), en este trabajo se presenta un estudio dirigido a caracterizar las representaciones de estudiantes de 15 años en torno a la estructura interna de una bebida gaseosa después de estudiar dicha unidad. La finalidad es comprender mejor la naturaleza y contenido de dichas representaciones y, a su vez, disponer de unos primeros datos que permitan mejorar la UD en sucesivas implementaciones.

Comprensión de las disoluciones

La investigación sobre la comprensión de las disoluciones evidencia la existencia de concepciones personales, muy arraigadas y extendidas en estudiantes de diversas edades y niveles educativos (Blanco, 1995; Çalyk, Ayas y Ebenezer 2005; Landau, Ricchi y Torres, 2014). No obstante, se detectan aspectos sobre los que la investigación realizada es limitada, entre ellos el de la solubilidad de los gases (Adadan y Savasci, 2012). Los datos disponibles muestran que el alumnado tiene dificultades para comprender el comportamiento de un gas como soluto en la disolución en un líquido. Esto sucede porque la percepción del alumnado sobre las disoluciones está normalmente modelada por la de sólidos disueltos en líquidos (Uzuntiryaki y Geban, 2005), aunque también puede influir la dificultad para conceptualizar el gas como entidad material (Furió, Hernández y Harris, 1987).

Explicar el fenómeno de disolución suele ser algo complejo para los alumnos (Çalyk, Ayas y Ebenezer 2005), ya que entender por qué unas sustancias se disuelven y otras no, requiere comprender la naturaleza interactiva y molecular de estos fenómenos, algo complejo para estudiantes de secundaria. Desde la perspectiva de los niveles de representación en química (Talanquer, 2011), una comprensión adecuada de la naturaleza de la materia requiere la capacidad de moverse entre los tres niveles básicos (macroscópico, submicroscópico y simbólico) de forma interconectada (Gilbert y Treagust, 2009).

Para modelizar el contenido de una bebida gaseosa los estudiantes han de aplicar sus ideas sobre la naturaleza de la materia a los tres estados de agregación, componiendo así un modelo que les permita dar sentido a las propiedades de las disoluciones (Blanco, 1995). Éstas constituyen sistemas homogéneos ante cualquier medio óptico de observación, ya que las especies químicas que la forman (átomos, iones o moléculas) están dispersas y distribuidas uniformemente, en continuo movimiento y sin formar agrupaciones individualizadas. Todo ello condicionado por las interacciones existentes entre dichas especies químicas. Ahora bien, el grado de movimiento, ordenación y proximidad de dichas especies químicas puede cambiar, dando lugar a disoluciones en distintos estados de agregación.

La edad y la formación del alumnado suelen producir mejoras en la comprensión de las disoluciones, pero algunos estudios muestran que ciertas ideas se mantienen inalteradas con los años (Çalyk, Ayas y Ebenezer, 2005). De hecho, lo habitual es que, a lo largo de la experiencia escolar, el alumnado incorpore ideas procedentes del modelo de la ciencia escolar, aunque el resultado suele ser un modelo híbrido que comparte rasgos del modelo enseñado y de modelos alternativos (Vosniadou, 2013).

Preguntas de investigación

El problema de investigación de este estudio podría formularse de la siguiente forma: ¿Qué modelos desarrollan los alumnos, tras la implementación de una UD centrada en la modelización en contexto, en torno a la composición y estructura interna de una bebida gaseosa como disolución? En concreto, se plantearon las siguientes preguntas:

- ¿Cómo representan los estudiantes las sustancias y las especies químicas presentes en la disolución?
- ¿Qué características de las disoluciones plasman los estudiantes en sus representaciones?
- ¿Cómo articulan distintas ideas en sus representaciones?

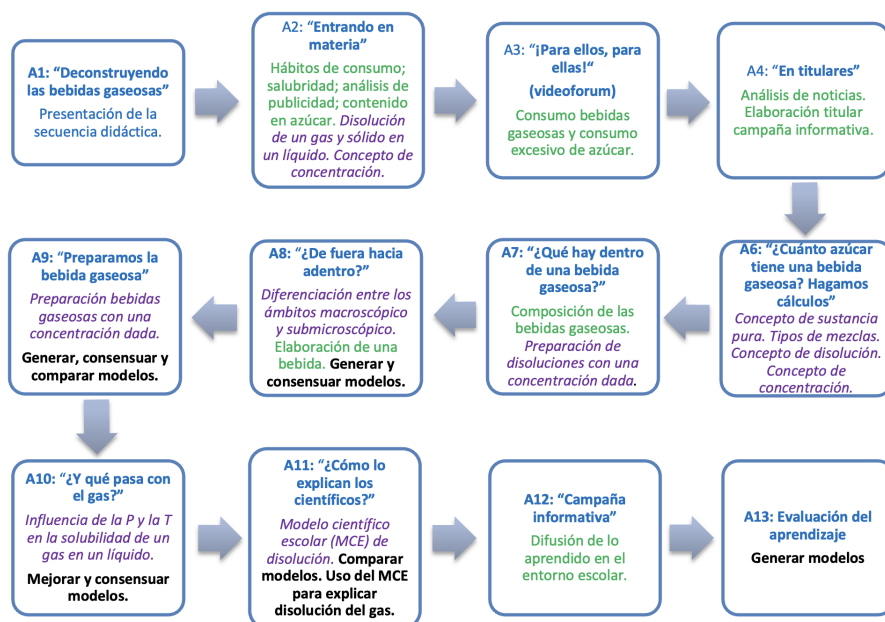


FIGURA 1. Resumen de la secuencia de actividades de la UD (“A1”: actividad 1. Morado: tareas sobre contenidos teóricos; Negro: tareas de modelización; Verde: conocimiento e interacción con la realidad).

Método

Escenario didáctico

La UD, titulada “Deconstruyendo las bebidas gaseosas”, (Autores, 2020 y 2021) se vertebra en torno a un enfoque de modelización en contexto. En la figura 1, se describe sucintamente, la secuencia de actividades que la conforma. Aborda la problemática social del consumo de bebidas gaseosas asociada a un elevado contenido de azúcar (figura 2) y que contribuye a la obesidad. En la parte final de la secuencia de actividades el alumnado elabora, en pequeños grupos, una campaña informativa para explicar todo lo aprendido en la unidad y concienciar a otros sobre el consumo de azúcar y los hábitos de alimentación saludables. También se aborda un buen número de contenidos de química tal y cómo se muestra en la figura 1.

Deconstruyendo las bebidas gaseosas

Observa las dos imágenes, representan los envases de dos volúmenes comunes dentro de las bebidas azucaradas, 33cl y 2L. Con el dato anterior, de 27gr en cada 250mL ¿cuánto azúcar hay en cada uno de ellos? realiza los cálculos que creas necesarios:^(3,2)

	Lata 33cl	Botella 2L
	$33\text{cl} \rightarrow 330\text{ml}$ $330\text{ml} \cdot \frac{27\text{g}}{250\text{ml}} =$ $35,64\text{g}$	$2\text{L} \rightarrow 2.000\text{ml}$ $2000\text{ml} \cdot \frac{27\text{g}}{250\text{ml}} =$ 216g

FIGURA 2.

Ejemplo de tarea de cálculos de la cantidad de azúcar contenida en bebidas azucaradas.

La UD pretende ayudar a que el alumnado aprenda sobre las disoluciones, especialmente las de gases en líquidos. Para ello, se plantean cinco actividades para modelizar este contenido (figura 1), según el siguiente esquema:

- 1) Se comienza con la elaboración de modelos individuales sobre la disolución de azúcar y dióxido de carbono en agua en diferentes momentos:
 - a. Antes y después de la preparación en clase de una bebida, en la que colaboran algunos estudiantes, aunque por cuestiones de seguridad es el profesor quien introduce el gas (figura 3).
 - b. Tras comprobar el efecto de la presión y la temperatura en el comportamiento de una bebida gaseosa. Esto se lleva a cabo mediante una actividad de predicción-observación-explicación de la salida del gas de dos latas de refresco gaseoso, una a baja temperatura y la otra a temperatura ambiente.
- 2) Cada actividad continúa con una puesta en común, en pequeño grupo de 4 estudiantes, sobre los modelos individuales empleados. Estos grupos estaban prefijados para el trabajo cooperativo en las diferentes asignaturas. Posteriormente, se da paso a una fase de consenso en gran grupo, donde se intentaba concluir el modelo que mejor representaba la disolución desde un punto de vista macroscópico y/o submicroscópico (figura 4).

- 3) Utilizando un modelo analógico de bolas, el profesor presenta un modelo científico escolar sobre la disolución de un sólido, que se complementa con un texto explicativo sobre la disolución de un gas en términos del movimiento e interacción entre las especies químicas.
- 4) Los estudiantes comparan el modelo consensuado (figura 4) con el modelo científico escolar, indicando semejanzas y diferencias.
- 5) Finalmente, utilizando el modelo científico escolar, deben explicar la influencia de la temperatura y la presión en el proceso de disolución del gas.

La secuencia de modelización pretende ayudar a que los estudiantes se apropien del modelo científico escolar, cambiando sus modelos iniciales.

La implementación de la UD la realizó el primer autor en su papel dual de profesor-investigador en un total de 12 sesiones de clase de 1 hora, durante el último trimestre del curso 2016-2017, en un centro educativo privado-concertado de la ciudad de Málaga (España) con 44 estudiantes de 3º curso de Enseñanza Secundaria Obligatoria (ESO) en España (14-15 años).

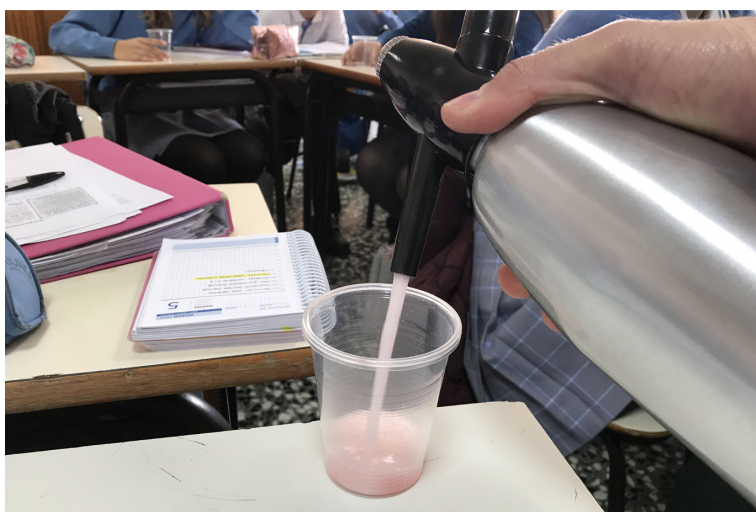


FIGURA 3.
Momento de la preparación de la bebida gaseosa

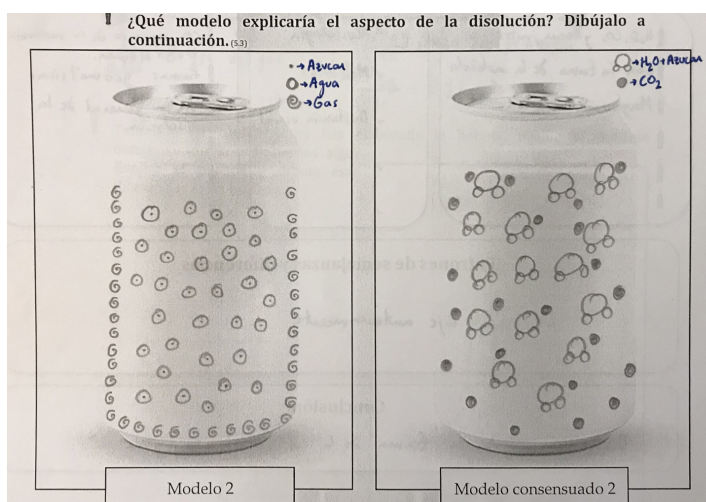


FIGURA 4.
Ejemplos de representaciones elaboradas por un alumno tras una actividad de preparación de una bebida gaseosa.

Recogida y análisis de datos

Una vez realizada la implementación, dos días más tarde, los estudiantes realizaron una prueba de evaluación en torno a los conocimientos y habilidades adquiridas, cuya primera tarea consistía en explicar qué son las bebidas gaseosas y cómo se elaboran, acompañando la explicación con un dibujo que ilustrara su interpretación.

Para analizar las representaciones resultantes, se diseñó una rúbrica analítica que tuvo en cuenta la literatura disponible sobre los niveles de representación de la materia y sobre las características de las disoluciones como sistemas materiales. En concreto, se partió de una primera identificación de cuatro dimensiones organizadas en dos partes: a) una primera relativa a las representaciones del agua, dióxido de carbono y azúcar en los ámbitos macroscópico, submicroscópico y/o simbólico (Talanquer, 2011), y una segunda parte con tres dimensiones, que recogen los atributos críticos de las disoluciones líquidas: la homogeneidad, la distribución desordenada de las especies químicas de sus componentes y la dispersión de las mismas (Blanco, 1995). Para llegar a la versión de la rúbrica que se muestra en la tabla 1, se llevaron a cabo varios borradores que se fueron mejorando tras su utilización para categorizar las respuestas de los estudiantes. El análisis fue realizado de forma independiente por dos investigadores, el primer autor del artículo y otro investigador ajeno al presente trabajo. A lo largo de toda la rúbrica se obtuvo por término medio, un grado de acuerdo entre jueces del 96,6 % e índices Kappa de Cohen ponderados con un valor medio de $k=,94$, valores que evidencian la fiabilidad del proceso de categorización.

DIMENSIONES/NIVELES DESEMPEÑO	I	II	III	IV	V
NIVELES DE REPRESENTACIÓN	No hay representación	Las representaciones aportadas son de tipo macroscópica. Por ejemplo, se incluye una línea para representar el agua, líneas onduladas para dar sensación de relleno y/o espirales para representar al gas, o pequeños cuadrados o líneas cortas para el azúcar.	Se superpone una representación macroscópica y/u otra submicroscópica, esta última presentada mediante dibujos icónicos con círculos o puntos que aluden a lo que pueden ser unidades moleculares, aunque no llega a desglosarse en los átomos que lo componen. Un círculo, por ejemplo, puede representar una molécula de agua.	Representación submicroscópica y/o simbólica, en la que los dibujos representan unidades moleculares que no llegan a desglosarse en los átomos que lo componen. Un círculo, por ejemplo, puede representar una molécula de agua.	Representación submicroscópica, con iconos que representan no sólo a las moléculas en su conjunto sino a los átomos que la integran e incluso pueden aparecer los enlaces que participan.
HETEROGENEIDAD/HOMOGENEIDAD	No hay representación	El gas y/o el azúcar pueden aparecer separados del resto.	La representación presenta una distribución no homogénea (heterogeneidad) del gas por todo el recipiente. El resto de ingredientes presenta una distribución homogénea.	La representación presenta distribución homogénea, pero puede aparecer en la zona superior del dibujo una mayor concentración del gas que de una idea parcial de heterogeneidad.	La representación muestra una distribución homogénea. No existen zonas del dibujo donde se observe una mayor concentración de algún componente que de idea de heterogeneidad.
ORDEN/DESORDEN	No procede, bien porque no hay representación o porque la representación del componente no permite la categorización	Todos los componentes representados siguen una distribución regular o están perfectamente ordenados.	Algunos componentes representados siguen una distribución regular o están parcialmente ordenados, y otros no.	Todos los componentes se encuentran desordenados.	
AGRUPACIÓN/DISPERSIÓN	No hay representación	Todos los componentes representados están unidos formando una identidad aunque alguno también aparezca repetido y separado del resto.	Dos de los componentes representados están unidos formando una identidad.	Ninguno de los componentes representados se encuentra unido a otro/s formando una identidad.	

TABLA 1.

Rúbrica analítica diseñada para evaluar las representaciones de los estudiantes

A continuación, se muestran dos ejemplos de respuestas de alumnos (figura 4) y el resultado de su proceso de categorización aplicando la rúbrica (tabla 2).

FIGURA 4.
Ejemplos de representaciones de dos estudiantes. Alumno A10A (a) y A13B (b).

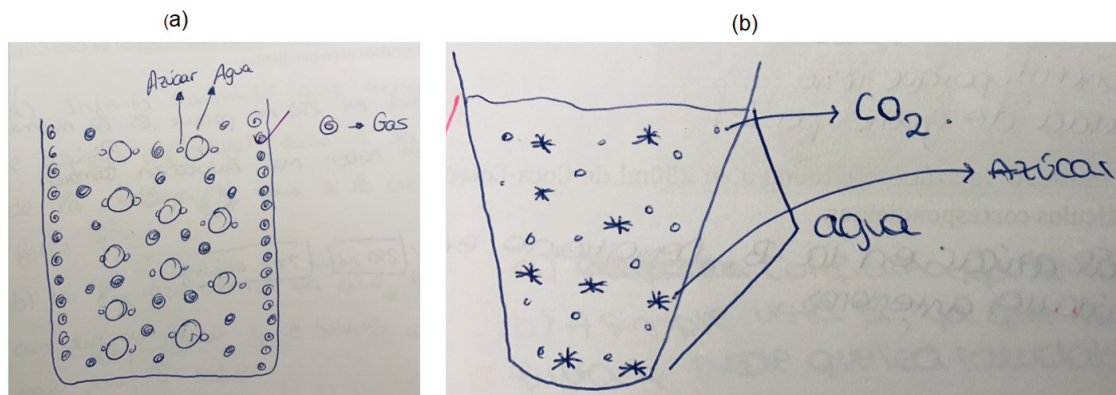


TABLA 2.
Categorización de los dibujos de los alumnos A10A y A13B

Estudiante	Niveles de representación			Heterogeneidad/ Homogeneidad	Orden/ Desorden	Agrupación/ Dispersión
	Agua	Azúcar	Dióxido de carbono			
A10A	IV	IV	II	III	III	III
A13B	II	IV	IV	V	IV	IV

El alumno A10A (figura 1a) representa el agua a nivel submicroscópico (nivel IV) prescindiendo de la línea ondulada que da una idea macroscópica, generalizada para el agua, que sí aparece representada por la alumna A13B (figura 1b) (nivel II). En lo referente al dióxido de carbono, la diferencia entre ambas representaciones es que el primer alumno lo muestra de una forma macroscópica, mediante espirales (nivel II), y prácticamente ajeno a los otros dos componentes de la disolución (agua y azúcar), presentándonos una distribución heterogénea (nivel III). Por el contrario la alumna A13B refleja una idea submicroscópica (nivel IV) dentro de una disolución homogénea (nivel V), donde cada componente de la disolución ocupa su lugar dentro de un conjunto, de esta forma alcanza el valor más alto dentro de la rúbrica para la dimensión de “homogéneo/heterogéneo”. En cuanto a la dimensión orden/desorden la distribución del gas en el dibujo del alumno A10A sigue una distribución regular y ordenada a lo largo de la pared del recipiente (nivel III), en cambio, en el dibujo de la alumna A13B, todos los componentes se encuentran desordenados (nivel IV). El alumno A10A dibuja el agua y el azúcar formando una especie de “macromolécula” con identidad propia (agrupación/dispersión, nivel III) que se repite por toda la disolución y en el caso de la alumna A13B esto no sucede, puesto que cada componente no se une a ningún otro, por lo que mantienen su identidad individual (agrupación/dispersión, nivel IV).

Finalmente, y al objeto de relacionar entre sí las dimensiones identificadas en las representaciones, se llevó a cabo un análisis de clúster, combinando las seis dimensiones con el objeto de comprobar cómo se articulaban. Se empleó el método Ward (1963) usando el procedimiento de frecuencias como medida.

Resultados y discusión

¿Cómo representan los estudiantes los componentes de la disolución?

En la tabla 3 se presentan los resultados obtenidos al aplicar la rúbrica a las dimensiones correspondientes a los componentes de la disolución.

TABLA 3.
 Distribuciones de
 frecuencias por niveles
 para las distintas
 sustancias componentes
 de la bebida.

Dimensión	Nivel				
	I	II	III	IV	V
<i>Representación del agua</i>	3	11	10	11	9
<i>Representación del azúcar</i>	8	3	0	31	2
<i>Representación del dióxido de carbono</i>	6	11	2	21	4

Se observa que las respuestas se ajustan a todos los niveles de la rúbrica, excepto en el nivel III de la representación del azúcar, en el que no se ubicó ningún estudiante. Además, se constatan niveles de representación repartidos entre los cinco niveles en el caso del agua. Por su parte, en el caso del azúcar, como también en el del dióxido de carbono, las distribuciones de frecuencia parecen más polarizadas hacia los extremos, con valores mínimos en la categoría central. Los niveles mayoritarios fueron el II y el IV en el caso del agua, el IV en el del azúcar y del dióxido de carbono. Por otro lado, solo en el caso del agua los dibujos de los alumnos descendieron a detalles de la composición atómica (nivel V), en concreto uno de cada cinco lo hicieron. Según esto, las representaciones mayoritarias correspondieron al nivel submicroscópico y/o simbólico, aunque en estrecha competencia con las representaciones macroscópicas y mixtas (macroscópicas y submicroscópicas superpuestas), especialmente en el caso del agua y del dióxido de carbono (Cañero-Arias, Blanco y Oliva, 2017). Estos resultados concuerdan con los de la bibliografía que señala la dificultad para realizar espontáneamente interpretaciones de este tipo (Kind, 2004; Trinidad-Velasco y Garritz, 2003). Pero la dificultad para representar el agua y el dióxido de carbono en términos submicroscópicos o simbólicos quizás tenga distintos motivos. Así, en el caso del agua, puede provenir del intento del estudiante por destacar el papel de la misma como disolvente de la disolución, atribuyéndole un papel diferenciado del soluto. De hecho, cerca de uno de cada cuatro estudiantes aportaron representaciones mixtas que compatibilizaban la visión submicroscópica y la macroscópica. Estos modelos mixtos pueden entenderse como pasos intermedios en el progreso de los estudiantes sobre la naturaleza de la materia (Blanco y Prieto, 2004). Mientras tanto, en el caso del dióxido de carbono, esas dificultades podrían provenir de limitaciones para conceptualizar los gases como entidades materiales (Furió, Hernández y Harris, 1987), similares a la de los sólidos y líquidos (Novick y Nussbaum, 1981). De hecho, en este caso, uno de cada cuatro estudiantes usó representaciones compatibles con un modelo macroscópico, y uno de cada siete no incluyó dicho componente en sus representaciones. No obstante, los resultados fueron bastante aceptables para el azúcar, probablemente al otorgarle el estatus de un sólido como cuando se encuentra fuera de la disolución.

¿Qué características de las disoluciones líquidas están presentes en los modelos de los estudiantes?

La tabla 4 muestra las distribuciones de frecuencia para las dimensiones relativas a las características de las disoluciones líquidas.

TABLA 4. Distribuciones
 de frecuencias
 por niveles de las
 dimensiones relativas a
 las características de las
 disoluciones líquidas.

Dimensión	Nivel				
	I	II	III	IV	V
<i>Heterogeneidad/Homogeneidad</i>	2	0	6	16	20
<i>Orden/Desorden</i>	3	2	3	36	*
<i>Agrupación/Dispersión</i>	3	2	9	30	*

* Este nivel no está definido en esta categoría

Puede verse que, al igual que con las sustancias, también aquí todas las casillas tienen representación, salvo el nivel II de la dimensión Heterogeneidad/Homogeneidad. Como se aprecia en la tabla 4, los datos ahora son más asimétricos que en la tabla 3, apareciendo una fuerte polarización hacia niveles altos de la rúbrica. Así, los estudiantes mostraron por lo general buen desempeño en estas dimensiones, ya que las proporciones más altas de estudiantes se situaban en los niveles más avanzados de la rúbrica. De hecho, casi cinco de cada seis estudiantes concebía la disolución como un sistema homogéneo (nivel V) o cuasi-homogéneo (nivel IV); la misma proporción representa todos los componentes desordenados, y algo más de dos tercios representa la disolución sin que los componentes aparezcan agrupados en una misma entidad (nivel IV). Por otro lado, una cuarta parte de los estudiantes mostraban, en su representación, la agrupación de especies químicas de dos o los tres componentes, lo que podría incluir la idea de que la disolución es algo más que una mezcla de sustancias (Fernández, Trigueros y Gordo, 1988; Sanmartí, 1989; Blanco, 1995).

¿Cómo se articularon las ideas procedentes de las distintas dimensiones en dichas representaciones?

Con objeto de analizar cómo los estudiantes articulaban sus respuestas a lo largo de las diferentes dimensiones, se llevó a cabo un análisis de cluster. La figura 5 recoge el dendrograma resultante.

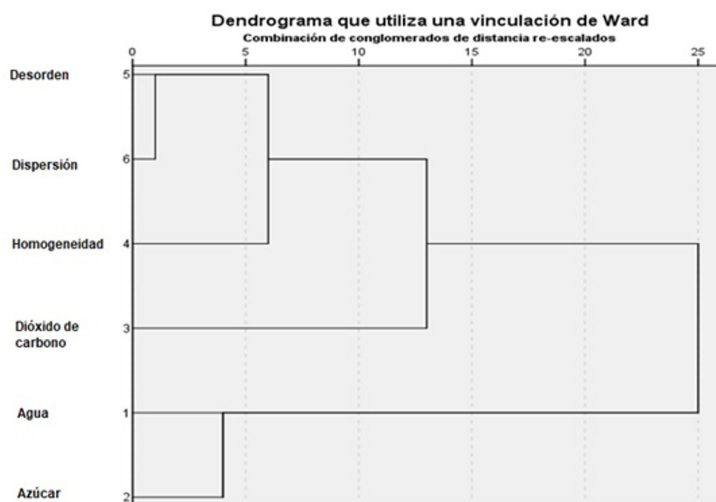


FIGURA 5.
Dendrograma para el análisis de cluster (el eje horizontal indica distancia entre variables).

Dicha representación expresa de forma gráfica a través de un diagrama de árbol, las agrupaciones que van surgiendo entre variables al estimar el grado de similitud entre sus respectivos valores en la rúbrica. Éste ha de leerse de izquierda a derecha, de modo que clusters conformados para distancias menores pueden considerarse más para próximos y ligados, mientras lo que se crean para distancias mayores estarían más desconectados.

Los resultados sugieren una coherencia interna sólo parcial, identificándose dos clusters bien definidos. Uno está integrado por las dimensiones Orden/Desorden, Agrupación/Dispersión y Heterogeneidad/Homogeneidad, y a mayor distancia, también por el dióxido de carbono. Ello es coherente con el hecho de que el dióxido de carbono fuera habitualmente el componente responsable de la heterogeneidad de la disolución, observado en la figura 4(a), donde esta sustancia permanece separada del resto de la disolución. Es

de esperar, por tanto, que un mejor desempeño de los estudiantes en la representación submicroscópica de esa sustancia, conlleve una mayor facilidad para concebir la disolución como un sistema homogéneo, de componentes independientes y desordenados.

El otro cluster está integrado por el agua y el azúcar; esto es, los componentes sólidos y líquidos de la disolución. Por otro lado, ambos clústeres se relacionan muy poco entre sí. En este sentido, que el dióxido de carbono se encuentre distante y separado de ese cluster es coherente con un mayor desconocimiento acerca del papel de este componente en la disolución. Estos resultados constatan las conclusiones de otros estudios, en los que se muestra la dificultad de los estudiantes para integrar el dióxido de carbono en la disolución, probablemente porque están más familiarizados con las disoluciones de sólidos en agua (Uzuntiryaki y Geban, 2005). Ello supone un problema añadido, en conexión con lo señalado antes. Esto es coherente desde el punto de vista químico, donde la homogeneidad de una disolución se interpreta justamente, como resultado de la separación y desorden de los constituyentes de una misma sustancia, para lo que es necesario conceptualizar la misma en términos de un modelo discontinuo. Estos resultados son coherentes también con los obtenidos en otro estudio realizado, empleando esta vez el método de vinculación intergrupos a la hora de componer los clústeres, en cuyo caso el dióxido de carbono quedaba como una dimensión desconectada de los otros dos clústeres (Cañero-Arias, Blanco y Oliva, 2017).

Conclusiones

Los resultados obtenidos en este estudio, nos permiten plantear las siguientes conclusiones:

- a) Las representaciones de los estudiantes muestran niveles de desempeño diferentes. Así, junto a niveles altos en el caso del azúcar (sólido), aparecen niveles más discretos en las representaciones submicroscópicas del agua y del dióxido de carbono.
- b) Las ideas de homogeneidad, desorden y dispersión son características de las disoluciones líquidas que están bien recogidas en las representaciones de los estudiantes. No obstante, hay que resaltar que uno de cada cuatro estudiantes representaba la disolución como algo más que una mezcla de sustancias, indicado la agrupación de especies químicas de dos o de los tres componentes,
- c) Las representaciones de los estudiantes muestran una coherencia interna parcial sobre los distintos aspectos analizados, poniéndose de manifiesto la dificultad para integrar el dióxido de carbono en la disolución.

Según esto, la visión del alumnado contiene aspectos positivos, probablemente a resultas de la propuesta didáctica en la que participaron, aunque también presenta limitaciones que aconsejan cambios a introducir en el futuro. Así, se necesitan mejoras en el desempeño del alumnado para representar a nivel submicroscópico los distintos componentes, sobre todo en el caso del disolvente (el agua), y del dióxido de carbono. Por otro, se sugiere la necesidad de intensificar las conexiones entre el nivel de representación submicroscópico de sus componentes y las propiedades de la disolución. También conviene acercar el estatus del dióxido de carbono dentro de la disolución al del resto de componentes, ya que, como se ha visto, aparece desconectado de ellos. Para ello, es necesario ayudar al alumnado a diferenciar e integrar las representaciones del gas disuelto respecto al que no lo está (las burbujas).

Por último, hay que resaltar que este estudio no perseguía un análisis de progresión del aprendizaje del alumnado. Se trataba en su lugar de caracterizar las representaciones que utiliza el alumnado con la finalidad de detectar dificultades y obstáculos que ayuden a mejorar la secuencia didáctica. Por ello, el diseño empleado sólo ha recurrido a una evaluación final.

Otro aspecto a destacar es que la rúbrica analítica empleada ha resultado útil para analizar distintas facetas de la comprensión de los estudiantes, pero no para interpretar el modelo global bajo el que subyacen sus respuestas. Para ello, será preciso emplear una rúbrica sintética en la que las distintas dimensiones del modelo queden integradas dentro de una única. Sin duda los resultados del presente estudio serán muy útiles para ello.

Agradecimientos

Este trabajo forma parte de los proyectos EDU2017-82197P y EDU2017-82518P patrocinados por el Ministerio de Economía y Competitividad del gobierno de España."

Referencias

- Adadan E. and Savasci F. (2012). An analysis of 16-17-year-old students' understanding of solution chemistry concepts using a two-tier diagnostic instrument. *International Journal of Science Education*, 34(4), 513-544.
- Blanco, A. (1995). *Estudio de las concepciones de los alumnos sobre algunos aspectos de las disoluciones y de los factores que influyen en ellas*. [Tesis doctoral]. Universidad de Málaga.
- Blanco, A. y Prieto T. (2004). Un Esquema para investigar el progreso en la comprensión de los alumnos sobre la naturaleza de la materia [A schema for investigating students' progress in understanding the nature of matter]. *Revista de Educación*, 335, 445-465.
- Caamaño, A. (2018). Enseñar química en contexto: un recorrido por los proyectos de química en contexto desde la década de los 80 hasta la actualidad. *Educación Química*, 29(1), 21-54.
- Calyk, M; Ayas, A. y Ebenezer, J. (2005). A Review of Solution Chemistry Studies: Insights into Students' Conceptions. *Journal of Science Education and Technology*, 14(1), 29-50.
- Cañero-Arias, J., Blanco, A. y Oliva, J.M^a. (2017). "Do students have mental model about the composition of a carbonated drink?" Comunicación presentada en el 12 congreso internacional de la European Science Education Research Association (ESERA) del 21 al 25 de agosto, Dublín, Irlanda.
- Cañero-Arias, J.; Blanco, A.; Oliva, J.M. (2020) ¡Los gases sí se disuelven!. Modelizando en el contexto de las bebidas gaseosas. *Alambique: Didáctica de las ciencias experimentales*, 101, 37-43.
- Cañero-Arias, J., Blanco, A. y Oliva, J.M^a (2021) Diseño de una secuencia de enseñanza aprendizaje para el aprendizaje de las disoluciones mediante modelización, en el contexto de las bebidas gaseosas en *Enseñanza de las ciencias y problemas relevantes de la ciudadanía* (65-82), Graó: Barcelona, España.

- Fernández, J., Trigueros, T. y Gordo, L. (1988). Ideas sobre los cambios de estado de agregación y las disoluciones en alumnos del 2º curso de BUP. *Enseñanza de las Ciencias*, 6(1), 42-46.
- Furió, C., Hernández, J., y Harris, H. (1987). Parallels between adolescents' conceptions of gases and the history of chemistry. *Journal of Chemical Education*, 64, 616-618.
- Gilbert J. K. and Treagust, D. F. (2009). Macro, submicro and symbolic representations and the relationships between them: Key models in chemical education. In: J. K. Gilbert and D. F. Treagust (Eds.), *Multiple representations in chemical education* (pp. 1-8). Dordrecht, Holanda: Springer.
- Gilbert, J.K. y Justi, R. (2016). *Models and Modeling in Science Education*. Switzerland: Springer.
- Justi, R. y Gilbert, J.K. (2002) Modelling teachers' views on the nature of modelling, and implications for the education of modellers. *International Journal of Science Education*, 24(4), 369-387.
- Kind, V. (2004). *Más allá de las apariencias. Las ideas previas de los estudiantes sobre conceptos básicos de química*, Santillana-Facultad de Química de la UNAM.
- King, D. y Ritchie, S. (2012). Learning science through real world contexts. In Fraser, B.; Tobin, K. y McRobbie, C. (eds.) *Second International Handbook of Science Education* (69-77). Dordrecht, Holanda: Springer.
- Landau, L., Ricchi, G y Torres, N. (2014). Disoluciones: ¿Contribuye la experimentación a un aprendizaje significativo? *Educación Química*, 25(1), 21-29.
- Novick, S. y Nussbaum, J. (1981). Pupils' understanding of the particulate nature of matter: a cross-age study. *Science Education*, 65(2), 187-196.
- Oliva-Martínez, J.M, Aragón, M.M., (2009). Aportaciones de las analogías al desarrollo de pensamiento modelizador de los alumnos en química. *Educación Química*, 20(1).
- Oliva J. M., Aragón, M M. and Cuesta J. (2015), The competence of modelling in learning chemical change: A study with secondary school students. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 13, 751-791.
- Sanmartí, N. (1989). Dificultats en la comprensió de la diferenciació entre els conceptes de mescla i compost, Tesis doctoral, Universidad Autónoma de Barcelona.
- Talanquer, V. (2011). Macro, submicro, and symbolic: The many faces of the chemistry "triplet". *International Journal of Science Education*, 33(2), 179-195.
- Trinidad-Velasco, R. y Garritz, R.A. (2003). Revisión de las concepciones alternativas de los estudiantes de secundaria sobre la estructura de la materia, *Educación Química*, 14(2), 72-85.
- Uzuntiryaki, E., & Geban, Ö. (2005). Effect of conceptual change approach accompanied with concept mapping on understanding of solution concepts. *Instructional Science*, 33(4), 311-339.

Vosniadou, S. (2013). Model based reasoning and the learning of counter-intuitive science concepts. *Infancia y Aprendizaje*, 36(1), 5-33.

Ward, J. H., Jr. (1963) Hierarchical Grouping to Optimize an Objective Function, *Journal of the American Statistical Association*, 58, 236–244.