

Explicaciones de profesorado y estudiantado sobre compuestos solubles e insolubles en agua

Explanations from Teachers and Students about Water-Soluble and Insoluble Compounds

Mario Quintanilla Gatica¹, María Isabel Gómez Palacios¹, Vicente Swett Barros¹, Mariano Rodríguez-Malebrán², Rodrigo Sepúlveda González³ y Cristian Salas Sánchez¹

Resumen

Presentamos una propuesta para la enseñanza del modelo teórico de disoluciones. Se inicia con una discusión sobre aspectos teóricos, didácticos y científicos relacionados con su enseñanza, identificando dificultades tanto para el aprendizaje como para la enseñanza, basadas en investigaciones avanzadas en didáctica de las ciencias. Se realizó un estudio de campo utilizando un Formulario de Ideas Previas (FIP), cuyos resultados mostraron un conocimiento limitado sobre las interacciones moleculares de las disoluciones, incluso cuando estas están presentes en la vida cotidiana. A partir de la interpretación de las producciones estudiantiles, se diseñó una actividad que permitió al alumnado desarrollar explicaciones integrando visiones macroscópicas y microscópicas mediante el análisis del comportamiento de distintos compuestos al combinarse con agua. El análisis incluyó la comparación macroscópica entre sustancias solubles e insolubles y la comparación de sus estructuras moleculares para explicar las interacciones intermoleculares con el agua, y, de este modo, por qué un compuesto se disuelve mientras otro no. Los resultados evidencian explicaciones causales, descriptivas y predictivas, de interés para el análisis didáctico y la enseñanza del concepto de disoluciones.

Palabras clave: disoluciones, solubilidad, enseñanza, interacciones moleculares, educación científica.

Abstract

We present a proposal for teaching the theoretical model of solutions. It begins with a discussion of theoretical, didactic, and scientific aspects related to its teaching, identifying difficulties in both learning and teaching, based on advanced research in science education. A field study was conducted using a Prior Ideas Form (FIP), whose results revealed limited knowledge about the molecular interactions in solutions, even when these occur in everyday life. Based on the interpretation of student productions, an activity was designed that allowed students to develop explanations integrating macroscopic and microscopic perspectives through the analysis of the behavior of different compounds when combined with water. The analysis included a macroscopic comparison between soluble and insoluble substances, as well as a comparison of their molecular structures to explain intermolecular interactions with water, and thus, why one compound dissolves while another does not. The results show causal, descriptive, and predictive explanations, which are relevant for didactic analysis and the teaching of the concept of solutions.

Keywords : solutions, solubility, teaching, molecular interactions, science education.

CÓMO CITAR:

Quintanilla Gatica, M., Gómez Palacios, M. I., Swett Barros, V., Rodríguez-Malebrán, M., Sepúlveda González, R., y Salas Sánchez, C. (2025, octubre-diciembre). Explicaciones de profesorado y estudiantado sobre compuestos solubles e insolubles en agua. *Educación Química*, 36(4). <https://doi.org/10.22201/fq.18708404e.2025.4.90608>

¹ Pontificia Universidad Católica de Chile, Chile.

² Departamento de Enseñanza de la Ciencia y la Tecnología, Universidad Nacional de Córdoba y Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas, Argentina.

³ Universidad de Santiago de Chile, Chile.

Introducción

Actualmente, el estudiantado chileno presenta desmotivación por la ciencia, y las clases de química son la evidencia más contundente de ello. El modelo tradicional de enseñanza de las ciencias, dogmático, autoritario y con énfasis en los símbolos, los cálculos y todo conocimiento no observable, no estimula a los alumnos a conectar los conocimientos fuera del aula, lo que es grave, sobre todo luego de una reforma curricular que pretende contextualizar los contenidos a la vida cotidiana. Según Cañero-Arias et al. (2022), se identifican al menos tres niveles de representación: el macroscópico, identificable a la vista; el simbólico, relacionado con valores numéricos; y el submicroscópico, asociado a las partículas. A la hora de comprender el concepto de solubilidad, el estudiantado tiende a interpretarlo desde una perspectiva generalmente macroscópica. Inicialmente, se considera el soluto como una sustancia que “desaparece” o que tiene un efecto en el disolvente; por ejemplo, el azúcar otorga al agua un sabor dulce, transformando esa agua en una disolución de azúcar en agua. Son pocas las ocasiones en que se estudia en profundidad el concepto de solubilidad desde una visión submicroscópica, es decir, con representaciones de lo que ocurre antes y después de una disolución.

Sumado a esto, a medida que el estudiantado avanza de curso, no se evidencia una profundización en el concepto desde la teoría corpuscular, sino solo un énfasis en los cálculos y ejercicios a resolver, así como en explicaciones descriptivas, generando un progreso solo a nivel procedural y simbólico, pero no explicativo (Marzabal y Izquierdo, 2017; Quintanilla y Mercado, 2022). Esta falta de profundización a nivel explicativo dificulta al estudiantado comprender la verdadera naturaleza de las disoluciones como mezclas y no como compuestos. Al asociar las disoluciones con un cambio químico, y los cambios químicos con un cambio de identidad en la sustancia —lo que puede traducirse en un cambio de sabor o de olor—, es normal que los estudiantes identifiquen una disolución como tal. Sin embargo, al ser el concepto de disolución y mezcla parte de los cambios físicos, se requiere la perspectiva submicroscópica para evitar su confusión con una reacción química.

Así, es necesario buscar nuevas estrategias para vincular las visiones macroscópica y submicroscópica y promover explicaciones sobre el comportamiento de las sustancias químicas a partir de sus propiedades, de manera que el lenguaje discursivo de los docentes también movilice modelos científicos (Quintanilla y Mercado, 2022). Nuestro objetivo es diseñar una actividad de aprendizaje que promueva en el estudiantado explicaciones entre las interacciones intermoleculares evidenciadas de manera submicroscópica y la propiedad de la solubilidad, así como cómo esta puede experimentar diferentes cambios según las sustancias químicas que se analicen. Es necesario también utilizar situaciones y problemas cotidianos que ayuden a generar una enseñanza en contexto, la cual puede promover un aprendizaje significativo y relevante de las ideas científicas (Pérgola y Galagovsky, 2020).

En este caso, se selecciona la solubilidad en agua de distintos compuestos conocidos por el estudiantado, junto a una recopilación de información que permite conocer su percepción del concepto de solubilidad y de la competencia de pensamiento científico conocida como explicación (Iturra et al., 2021; Quintanilla y Mercado, 2022). La información recolectada permite reconfigurar las actividades iniciales, al identificar dificultades del estudiantado y adaptar los ejemplos. En ese orden de ideas, a manera de síntesis, el objetivo fue identificar conocimientos previos acerca de la solubilidad de compuestos

orgánicos e inorgánicos en agua, con el propósito de generar una adaptación didáctica que responda a las necesidades de los estudiantes en el marco de una enseñanza de la química contextualizada.

Dificultades de la enseñanza/aprendizaje de disoluciones

La química posee un alto nivel de abstracción y, por ende, su proceso de enseñanza y aprendizaje reviste cierto grado de complejidad, tanto para quien la enseña como para quien la aprende. Son numerosas las investigaciones realizadas en torno a las dificultades de aprendizaje de algunos conceptos específicos de la química, en particular del concepto de disolución, y que han aportado metodologías y estrategias que se pueden desarrollar en el aula para que este proceso no sea tan complejo (Kraser y Hernández, 2020; Raviolo et al., 2022; Li et al., 2022).

Según Traiman-Schroh et al. (2022), considerando las ideas de los alumnos sobre el concepto de disolución, se pueden categorizar las dificultades de aprendizaje de este concepto de acuerdo con los siguientes criterios: (i) los estudiantes consideran que las soluciones siempre se encuentran líquidas y no reconocen que estas pueden encontrarse en otro estado de agregación; y (ii) creen que en el proceso de disolución se produce un cambio químico y no un cambio físico.

Raviolo y Ferré (2020) destacan como aspectos centrales de las dificultades de aprendizaje del concepto de disolución: la poca comprensión del principio de conservación de la masa y la interpretación de lo que es una disolución. En este sentido, el principio de conservación es fundamental porque tiene dos explicaciones claras: por una parte, la conservación de la masa de soluto cuando este se disuelve en el disolvente, y por otra, la conservación de la masa de soluto en múltiples procesos de dilución, en la preparación de una solución a partir de otra de concentración conocida.

Ortolani et al. (2012) consideran que el principio de conservación es importante para la comprensión del fenómeno de la disolución. Es más importante la interpretación que hacen los estudiantes cuando el soluto desaparece; es decir, cuando se disuelve, pues en la mayoría de los casos asocian el proceso de disolución con un cambio químico y no con un proceso físico. Otra dificultad es la percepción física del proceso: las disoluciones como proceso físico no son entendidas por los estudiantes, quienes tienden a relacionarlas con una reacción química, debido a que, al dejar de ver el soluto cuando se pone en contacto con el disolvente, muchos interpretan que sufrió una transformación química.

Blanco y colaboradores (2010) plantean que los estudiantes establecen una diferenciación clara entre los cambios físicos y químicos en la medida en que estos sean cotidianos para ellos; situación que no siempre se cumple para el caso de las disoluciones y sus conceptos asociados. Aunque se trata de situaciones muy reales, difícilmente las relacionan con un proceso físico, ya que el parámetro que utilizan en los primeros cursos de química para definir un cambio físico es que se trata de un proceso reversible. De tal manera que, en esta comprensión de un cambio físico —que, por supuesto, es muy poco diferenciada para la comprensión real de un proceso físico a nivel corpuscular y de las propiedades de las sustancias—, no existe una razón, en las teorías intuitivas del estudiante, para pensar que el proceso de disolución sea un proceso físico.

Al agregar un soluto sólido altamente soluble en un disolvente, como el agua, esa sustancia sólida deja de existir ante los ojos del estudiante, y la única explicación que tiene

para explicar esta desaparición del soluto es que sufrió una transformación química, por consiguiente, un proceso que no es reversible. Al ser una mezcla homogénea, los estudiantes interpretan la disolución como una sola sustancia, producto de una reacción entre soluto y disolvente, idea que puede provenir de la concepción de que toda transformación en la que cambian las propiedades específicas de las sustancias es un cambio químico, la cual es señalada como errónea por Raviolo et al. (2011).

Ortolani et al. (2012) proponen que, durante la enseñanza del concepto de disolución, deben abordarse técnicas de separación que evidencien el carácter reversible del proceso de disolución y que la reversibilidad es consecuencia de que permanece la naturaleza de los componentes. Raviolo et al. (2022) postulan que, cuando es necesario establecer medidas de concentración en las disoluciones, los alumnos se enfrentan a una nueva dificultad: los cálculos de la concentración de las disoluciones. Es evidente que los cálculos matemáticos implican una comprensión previa del concepto de proporcionalidad, ya que la concentración de una disolución es una relación de proporcionalidad entre soluto y disolvente. Además, plantean que la dificultad de aprendizaje de estos cálculos radica en que la concentración de una disolución es directamente proporcional a la cantidad de soluto e inversamente proporcional al volumen de la disolución, y esta doble dependencia es la responsable de la dificultad.

Metodología e instrumentos

La actividad se desarrolla durante una práctica de aula de dos de los autores de esta comunicación para abordar la Unidad 1: “Disoluciones Químicas”, en la que participaron 13 estudiantes de segundo medio. Previamente al diseño de la intervención, se plantea una colecta de evidencia que permita una mejor toma de decisiones en torno a la instancia de enseñanza y aprendizaje con los estudiantes. Se basó principalmente en la aplicación de un Formulario de Ideas Previas (FIP) para recoger información respecto a las concepciones previas del profesorado de química en formación (16) y del estudiantado (13) del curso en que se aplica esta actividad, en torno a la solubilidad de compuestos orgánicos e inorgánicos, tales como azúcar (sacarosa), sal de mesa (cloruro de sodio), aceite comestible y vinagre (aunque, en sentido estricto, el aceite puede ser una mezcla de ácidos orgánicos y triglicéridos y el vinagre es ya una disolución).

Según Hernández-Sampieri y Mendoza (2023), un enfoque investigativo cualitativo es indicado cuando se busca obtener las perspectivas y puntos de vista de los participantes (experiencias, significados) y cuando el investigador formula preguntas más abiertas. Ajustes realizados a las sustancias utilizadas incluyeron la eliminación de un quinto compuesto, el alcohol etílico, ya que las explicaciones detrás de su solubilidad comprenden interacciones y parámetros similares al azúcar, además de que la presencia de ambos compuestos podría complejizar la pregunta al tener ambas sustancias la posibilidad de presentar la mayor solubilidad, todo esto dependiendo de las condiciones de la solución (cantidad de soluto, disolvente, temperatura, etc.).

Actividades de diseño e implementación

En el diseño preliminar, la actividad comienza con: (i) la exposición a los sujetos de dos sustancias químicas, una soluble (etanol) y una insoluble (aceite comestible); (ii) la observación inicial de la interacción macroscópica de estas sustancias con el agua, añadiéndolas a un vaso de precipitado y observando lo que ocurre; (iii) el objetivo de

que el estudiantado “explique” por qué el aceite no se disuelve en el agua mientras que el etanol sí; (iv) la presentación al estudiantado de la estructura molecular de las sustancias (representación simbólica) para conocer qué tipo de interacciones tienen las moléculas del soluto entre sí (interacción soluto-soluto) y las interacciones entre el soluto y el agua, realizando en la pizarra las representaciones submicroscópicas de cada caso; (v) frente a las interacciones presentadas, el profesor, mediante estrategias de elicitación y discusión, pretende que sus estudiantes comparen las interacciones soluto-disolvente que se evidencian en la situación, de manera que puedan explicar en conjunto la solubilidad como un cambio en las fuerzas que mantienen unido al soluto, producto de su interacción con el disolvente.

En resumen, las etapas son:

- **E1:** Observación del fenómeno macroscópico (mezcla de aceite con agua y mezcla de etanol con agua).
- **E2:** Pregunta: “¿Por qué razón el etanol se disuelve en el agua y el aceite no?”
- **E3:** Presentación de la estructura microscópica de ambos compuestos, indicando previamente qué átomos los forman, para después identificar las fuerzas intermoleculares presentes.
- **E4:** A partir de las fuerzas intermoleculares identificadas, se retoma la pregunta E2, ahora basándose en las interacciones que pueda presentar la molécula de soluto con el agua.
- **E5:** Los estudiantes elaboran su explicación para la solubilidad del etanol y la insolubilidad del aceite en agua.

Validación del Instrumento KPSI

El instrumento utilizado se implementó y validó con profesorado de química en formación inicial de la Pontificia Universidad Católica de Chile que cursa su octavo semestre. Participaron 16 profesores en formación: 7 mujeres y 9 hombres, con un rango etario de 21 a 33 años, según se aprecia en el Gráfico 1.

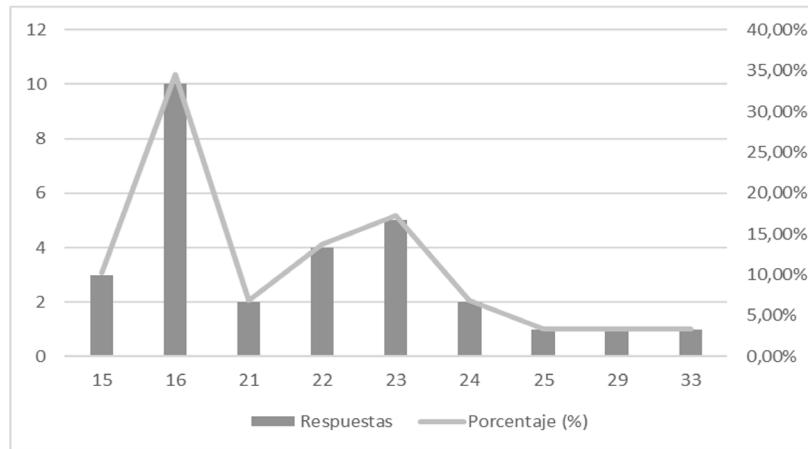


GRÁFICO 1. Distribución etaria del profesorado que participó en la validación del estudio.

De acuerdo con el proceso de validación del instrumento, se cuestiona a los encuestados sobre los cambios de contenido y formato que realizan según el contexto de sus colegios. A su vez, se realizan adaptaciones de acuerdo con cuestionamientos que surgieron en la aplicación

inicial. Se pueden encontrar diversas clasificaciones según la función y el procedimiento a seguir para dar respuesta a un fenómeno específico. En el caso de esta propuesta, dado que la finalidad será explicar las solubilidades de distintos compuestos en agua, la explicación ideal a la que se busca llegar es de tipo causal (Gilbert et al., 2000), ya que se centrará en la causa del fenómeno en lugar de en su definición o descripción.

Se pueden abordar distintas dificultades presentadas por el estudiantado a la hora de explicar el concepto de solubilidad, ya que permitiría identificarla como una propiedad que conlleva un cambio físico, definido por un cambio en las fuerzas intermoleculares, y no una reacción química que implique la ruptura y formación de enlaces. Esto quiere decir que se pasa de lo que está en el mundo real (disoluciones cotidianas como agua con alcohol y agua con aceite) a lo racional-teórico, que son las interacciones intermoleculares presentes en cada soluto, disolvente y en el soluto-disolvente (disolución).

Resultados

Los resultados obtenidos aplicados a los PQF ($n = 16$), que se transcriben y clasifican en la Tabla 1, corresponden a la pregunta: ¿Cuál de los siguientes productos comerciales crees que es soluble en agua a temperatura ambiente?



TABLA 1. Explicaciones del profesorado de química en formación (PQF).

Notación: TE = Tipo de Explicación; D = Descriptiva, P = Predictiva, C = Causal, NA = No Aplica.

PQF	Explicaciones	TE
Juan	Sé la solubilidad de los compuestos, pero necesito tener más antecedentes para enseñarlo (indicador 4 lo tome como enseñarlo en el aula)	ED
Marcela	Conozco los temas de solubilidad y cómo poder explicarlo desde el punto de vista microscópico, por eso escogí esta categoría	ED
Nicolás	Tendría dudas entre el compuesto más soluble, en específico entre el vinagre y el etanol	NA
Aníbal	La sal debería ser la más soluble en agua ya que la interacción entre los enlaces iónicos se rompe muy fácilmente al estar en contacto con una molécula dipolar como el agua	EC
Javier	Puedo explicar que la solubilidad depende de las interacciones intermoleculares entre sustancias, siendo aquellas en las que se dé una mayor proporción de interacciones más fuertes las que favorecerán la solubilidad. Así, las interacciones por puente de hidrógeno deberían favorecer la solubilidad de las sustancias, al igual que las ion-dipolo; así, sería la sal de mesa la más soluble, siguiéndolos el azúcar, el alcohol etílico, el vinagre y, por último, el aceite vegetal.	EC
Eva	Considero que la sal en formato sólido es el producto más soluble en agua debido a que al disolverse en agua, el compuesto de cloruro de sodio se divide en dos iones Na^+ y Cl^- y estos iones interactúan con los polos negativo y positivo que posee la molécula de agua y estos hacen que su disolución sea más eficiente, hasta cierto punto.	EC

PQF	Explicaciones	TE
Marcos	<i>Cuando se habla de solubilidad de líquidos en líquidos, realmente se habla de si son miscibles o no. Dado que el vinagre y el etanol son líquidos miscibles en agua, su solubilidad es la misma e infinita en el agua, respecto de los productos sólidos.</i>	EP
Matías	<i>Se debería encasillar desde el tipo de interacción, donde se evidencia que la mayoría de ellos puede hacer puente de hidrógeno, ya sea por el grupo OH derivado de alcohol y grupo COOH derivado de ácido</i> <i>Ahora bien, si volvemos a solubilidad el azúcar tiene más grupos OH en su estructura, frente al alcohol y el vinagre</i>	EC
Andrés	<i>Si entendemos las interacciones intermoleculares como la manera por la que las sustancias interaccionan entre sí, reconociendo que existen interacciones más fuertes que otras (y siendo la más fuerte el puente de Hidrógeno), y que al tener mayor cantidad de grupos o zonas de la molécula generando interacciones, la sustancia más soluble debe ser el azúcar, dado que presenta tres grupos -OH en su estructura, que genera puentes de hidrógeno con el agua, en comparación, por ejemplo, con el ácido acético del vinagre que solo tiene un grupo -OH realizando este tipo de interacción.</i>	EC
Agustín	<i>Por las interacciones que se generan entre soluto-disolvente, aquellos que interaccionan con el agua generando puente de hidrógeno son los que mayor solubilidad. Es por esto que los compuestos iónicos son los más solubles y los compuestos con enlaces covalentes apolares son los menos solubles.</i>	EC
Alex	<i>Por lo general, la interacción líquido-líquido es mayor a la de un sólido-líquido (miscibilidad). Desde esta mirada, el etanol y el vinagre serían los más solubles por sobre la sal y azúcar, dejando el aceite afuera, pues por las diferencias polares con el agua.</i>	EP
Francisco	<i>Al hablar de solubilidad se define como la capacidad de disolver una sustancia en otra, en este sentido depende de la estructura de cada sustancia y del tipo de interacciones que presentan. Entonces, se puede decir tal vez los líquidos como el etanol y el vinagre debido a las interacciones covalentes polares, son miscibles en agua, por ende, son más solubles.</i>	ED
Verónica	<i>La solubilidad en agua de cada sustancia dependerá de la naturaleza química de cada una de estas, primero tenemos que considerar que el agua es de naturaleza polar (tiene carga) por lo tanto las sustancias que presenten cargas (polares) en su estructura deberían disolverse primero.</i>	EC
María	<i>El producto más soluble en agua es la sal ya que produce interacciones ion-dipolo, la cual es la interacción intermolecular más fuerte. Esto debido a que la sal al disolverse en el agua rompe los enlaces que existen entre el sodio y el cloro, quedando estos como iones, a partir de esto es que estos iones van a formar interacciones ion-dipolo con los oxígenos y los hidrógenos del agua respectivamente.</i>	EC
Javiera	<i>El producto comercial que presenta una mayor solubilidad en agua es el azúcar ya que presenta interacciones intermoleculares conocidas como puentes de hidrógeno. El azúcar presenta en su estructura un grupo funcional alcohol (-OH) y como sabemos, se generan puentes de hidrógeno entre un hidrógeno de una molécula y el oxígeno de otra molécula. Esto genera que el azúcar sea soluble en agua.</i>	EC
Paloma	<i>El compuesto más soluble en agua es el etanol, para poder entender esto es necesario es ya que el agua es una molécula polar (debido a que presenta dos polos, polo negativo y polo positivo). De esta forma, el vinagre (disolución de ácido acético), que tiene un grupo OH en su estructura interacciona con el agua mediante puentes de hidrógeno. Esto, junto a la geometría molecular del ácido acético, lo posicionan como el producto más soluble en agua.</i>	EC
Inés	<i>Sé la solubilidad de los compuestos, pero necesito tener más antecedentes para enseñarlo (indicador 4 lo tome como enseñarlo en el aula)</i>	NA

La aplicación del instrumento en el estudiantado generó los siguientes resultados (Tabla 2).

E	Explicaciones	TE
E1	<i>El aceite</i>	NA
E2	<i>La sal ya que a temperatura ambiente es la única que se disuelve en agua</i>	ED
E3	<i>A temperatura ambiente solo el azúcar es soluble</i>	ED
E4	<i>La sal es soluble ya basándose por el tema de sus polaridades</i>	EC
E5	<i>porque la sal mezclada con el agua hace una mezcla homogénea</i>	ED
E6	<i>Azúcar porque posee menos densidad que el resto</i>	ED
E7	<i>La sal</i>	NA
E8	<i>yo creo que es más soluble el de más a la derecha</i>	ED
E9	<i>La Sal, ya que es la única con las propiedades necesarias</i>	EC
E10	<i>La sal es el producto más soluble</i>	ED
E11	<i>Todos, aunque con distinta solubilidad uno más o menos soluble</i>	EP
E12	<i>Sal ya que estas se disocian en el agua</i>	EC
E13	<i>El agua disolvente sal soluto</i>	EP

TABLA 2. Explicaciones del estudiantado de secundaria.

Notación: E = Estudiante; TP = Tipo de Explicación; ED = Descriptiva; EP = Predictiva; EC = Causal.

En la Tabla 3 se sintetizan los resultados obtenidos por ambos grupos.

Sujetos que respondieron el formulario	ED	EP	EC	SE
PQF	3	2	10	1
Estudiantado de secundaria	6	2	3	2
Distribución final de las explicaciones	9	4	13	3

TABLA 3. Síntesis de los resultados obtenidos.

Discusión de los resultados obtenidos

Según los resultados de la Tabla 2, la mayoría de los estudiantes logra identificar el aceite como el compuesto menos soluble en agua, mientras que un grupo señaló la sal como el compuesto más soluble a temperatura ambiente y otro, el azúcar. Un patrón que se repite es que la explicación consiste en una reafirmación de la respuesta en lugar de un razonamiento. Esto demuestra que algunos estudiantes buscan identificar una causa, pero sin relacionar conocimientos de química específicos, como es el caso de la estudiante que señala la polaridad (E4), evidenciando que es posible que tengan nociones intuitivas que les permitan explicar el comportamiento de las sustancias.

El estudiantado respondió, en su mayoría, con explicaciones descriptivas (6), lo que concuerda con lo señalado por Gilbert (2000), quien indica que las primeras explicaciones que se introducen a los estudiantes en cursos básicos relacionados con fenómenos científicos son de este tipo. E2 indica que la sal se disuelve porque tiene las propiedades necesarias para disolverse, pero no especifica cuáles son estas propiedades. Para E4 (Tabla 2), la sal es soluble por “el tema de sus polaridades”, identificando correctamente la polaridad como un factor que incide en la solubilidad de la sal, pero sin explicar cómo influye. Cada explicación

identifica por separado un factor que forma parte de la explicación mayor de la solubilidad de la sal en agua. Por ejemplo, E12 indica que la sal se disocia, E9 menciona “las propiedades necesarias” y E4 la polaridad. Todas tienen un leve matiz de explicaciones causales, ya que otorgan cierta causa del fenómeno, es decir, tratan de explicar la disolución de la sal en agua. E12 señala que todos se disuelven, aunque unos más que otros.

En este sentido, se entiende que un factor importante para que los estudiantes logren un nivel explicativo predictivo o causal es comprender el concepto de interacción intermolecular. Así podrán asociar mejor los conceptos identificados, como la polaridad o la disociación de la sal, y articularlos para explicar la solubilidad de los compuestos. Por otra parte, una dificultad evidenciada en el instrumento es la identificación de la solubilidad en compuestos líquidos. Si bien, en nuestra experiencia de aula, el azúcar y la sal son más solubles en agua que el vinagre, la propiedad de solubilidad en el vinagre es difícil de evidenciar para el estudiantado, considerando que algunos lo señalaron como menos soluble que el aceite y otros como el compuesto más soluble. Finalmente, observamos que el profesorado de química en formación (PQF) generó más explicaciones causales (10).

Rediseño de la actividad inicial

Las adaptaciones de la actividad se basaron principalmente en la información recopilada del instrumento KPSI aplicado a los estudiantes. En primer lugar, al ser una actividad orientada al desarrollo de explicaciones, es clave entender qué es una explicación científica, qué tipos de explicaciones existen y cómo elaborarla, para que la actividad inicial pueda ser realizada por los estudiantes de manera intuitiva y autónoma.

Si bien la actividad inicial solo consistía en la comparación de alcohol y aceite en agua, las respuestas del estudiantado evidencian una dificultad para identificar la solubilidad en compuestos líquidos, dado que esta es menos evidente que en compuestos sólidos. La decisión fue incluir la comparación de la solubilidad de dos compuestos sólidos inicialmente (azúcar y cloruro de plata). La actividad inicial servirá para establecer la secuencia y permitir el desarrollo de la explicación en conjunto con el docente, además de realizar la comparación de solubilidad en sólidos y asociar la disolución de azúcar y agua con la disolución de etanol y agua.

El concepto ausente en las explicaciones de los estudiantes es la interacción intermolecular. Para lograrlo, se debe poner énfasis en la visualización de la molécula, en lugar de solo el compuesto a nivel macroscópico, con el fin de que puedan identificar estas interacciones y justificar su solubilidad.

Implicaciones didácticas

Los resultados del instrumento aplicado revelan dificultades comunes en la comprensión del concepto de solubilidad, muchas de las cuales ya han sido identificadas en estudios previos. Sin embargo, también se observa que algunos estudiantes muestran nociones parciales que pueden potenciarse mediante un rediseño de la enseñanza, incorporando un enfoque que integre la comprensión macroscópica y microscópica de las interacciones intermoleculares.

Para ello, es esencial diseñar actividades que no solo refuerzen el aprendizaje procedural, sino que también promuevan la construcción de una diversidad de

explicaciones científicas conectadas con la vida cotidiana, tal como se ha sugerido en otras publicaciones (Quintanilla y Mercado, 2022), lo que requiere que los estudiantes se enfrenten a los conocimientos disciplinares desde una mirada cotidiana. Nuestra actividad busca que los estudiantes vean la química como una forma de explicar el comportamiento de las sustancias y, de esta manera, logren darle sentido a contenidos que podrían percibir como menos relevantes o contextualizados.

Conclusiones

La aplicación del instrumento en el estudiantado arroja resultados que reflejan importantes desafíos en la comprensión del concepto de solubilidad, coincidiendo con las dificultades mencionadas en diversos estudios. La mayoría de los estudiantes logra identificar correctamente el aceite como el compuesto menos soluble en agua, mientras que las respuestas sobre el compuesto más soluble varían entre sal y azúcar.

Sin embargo, un patrón constante en las respuestas es la falta de profundidad explicativa, lo que refleja dificultades para conectar el fenómeno observado con los conceptos científicos subyacentes, como señalan Raviolo y Ferré (2020) respecto al principio de conservación de la masa y las diferencias entre cambio físico y químico. Muchos recurren a explicaciones descriptivas o repetitivas, como señalar que “la sal es más soluble porque es el producto más soluble” (E9), lo que indica una limitación en el razonamiento causal.

Este tipo de respuestas coincide con lo expuesto por Gilbert (2000), quien señala que las primeras explicaciones científicas que se enseñan al estudiantado suelen ser descriptivas. Esto refleja una enseñanza orientada más al aprendizaje procedimental que al desarrollo de explicaciones profundas, un problema recurrente en la enseñanza de la química (Marzabal y Izquierdo, 2017).

Algunos estudiantes, como E4 y E12, intentan proporcionar explicaciones causales, mencionando factores como la polaridad y la disociación de la sal en agua, pero sin articular completamente cómo estas propiedades determinan la solubilidad. Esto confirma lo señalado por Raviolo et al. (2011) sobre las dificultades para entender la relación entre las propiedades específicas de las sustancias y los cambios físicos que experimentan. Las respuestas que mencionan conceptos clave como la polaridad (E4) o la disociación (E12), aunque incompletas, sugieren que los estudiantes poseen nociones aisladas sobre la naturaleza de la solubilidad, pero no logran integrarlas en una explicación coherente.

Un aspecto particularmente interesante es la dificultad para identificar la solubilidad en compuestos líquidos, como el vinagre, que algunos estudiantes clasifican incorrectamente como menos soluble que el aceite. Según Ortolani et al. (2012), esto puede derivarse de la percepción física de los estudiantes, quienes interpretan el proceso de disolución como una reacción química debido a la “desaparición” del soluto.

Agradecimientos

Este artículo sigue las orientaciones teóricas y metodológicas de los proyectos VRI-interdisciplinario, FONDECYT 1231325 y Novus Triada, que dirige el primer autor.

Referencias

- Blanco, Á., Ruiz, L., y Prieto, T. (2010). El desarrollo histórico del conocimiento sobre las disoluciones y su relación con la teoría cinético-molecular. Implicaciones didácticas. *Enseñanza de las Ciencias: Revista de Investigación y Experiencias Didácticas*, 28(3), 447–458. <https://raco.cat/index.php/Ensenanza/article/view/210811>
- Cañero-Arias, J., Blanco-López, Á., y Oliva, J. (2022). Representando las disoluciones en el contexto de las bebidas gaseosas. *Educación Química*, 33(1), 127–139. <https://doi.org/10.22201/fq.18708404e.2022.1.79316>
- Gilbert, J., Boulter, C., y Rutherford, M. (2000). Explanations with models in science education. En J. Gilbert & C. Boulter (Eds.), *Developing models in science education* (pp. 193–208). Springer Dordrecht. <https://doi.org/10.1007/978-94-010-0876-1>
- Hernández-Sampieri, R., y Mendoza, C. (2023). *Metodología de la investigación: Las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta* (2.ª ed.). México: McGraw Hill.
- Iturra, M., Mallea, J., Quintanilla, M. X., Chen, Y., y Herrera, A. M. (2021). Explicaciones escolares respecto al concepto reactivo limitante. *Educación Química*, 32(4), 81–95. <https://doi.org/10.22201/fq.18708404e.2021.5.78128>
- Kraser, R., y Hernández, S. (2020). Colorantes alimentarios y su relación con la salud: ¿Cómo abordar esta problemática desde el estudio de las disoluciones? *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 17(1), 120–132. http://dx.doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2020.v17.i1.1202
- Li, M., Donnelly-Hermosillo, D., y Click, J. (2022). Comparing simulation sequencing in a chemistry online-supported project-based learning unit. *Journal of Science Education and Technology*, 31(1), 27–51. <https://doi.org/10.1007/s10956-021-09929-w>
- Marzábal, A., y Izquierdo, M. (2017). Análisis de las estructuras textuales de los textos escolares de química en relación con su función docente. *Enseñanza de las Ciencias*, 35(1), 111–132. <https://raco.cat/index.php/Ensenanza/article/view/319571>
- Ortolani, A., Falicoff, C., Domínguez, J. M., y Odetti, H. (2012). Aplicación de una propuesta de enseñanza sobre el tema disoluciones en la escuela secundaria: Un estudio de caso. *Educación Química*, 23(2), 212–221. [https://doi.org/10.1016/S0187-893X\(17\)30112-X](https://doi.org/10.1016/S0187-893X(17)30112-X)
- Pérgola, M., y Galagovsky, L. (2020). Enseñanza en contexto: La importancia de revelar obstáculos implícitos en docentes. *Enseñanza de las Ciencias*, 38(2), 45–64. <https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.2822>
- Quintanilla, H., Cabrera, H., y Zambrano, J. (2022). La historia y la filosofía de la química en la formación inicial del profesorado de química. *Educación Química*, 33(4), 192–205. <https://doi.org/10.22201/fq.18708404e.2022.4.0.81572>
- Quintanilla, M., y Mercado, M. (2022). Caracterización sobre explicaciones de docentes en servicio acerca de la noción científica de disolución. *Educación Química*, 33(3), 92–106. <https://doi.org/10.22201/fq.18708404e.2022.3.81475>

Raviolo, A., y Farré, A. (2020). Aprendizaje conceptual del tema concentración de disoluciones: Análisis de imágenes de libros de texto universitario. *Educación Química*, 31(3), 119–133. <https://doi.org/10.22201/fq.18708404e.2020.3.75733>

Raviolo, A., Garritz, A., y Soza, P. (2011). Sustancia y reacción química como conceptos centrales en química: Una discusión conceptual, histórica y didáctica. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 8(3), 240–254. http://dx.doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2011.v8.i3.02

Raviolo, A., Schroh, N., y Farré, A. (2022). La comprensión de estudiantes de primer año de universidad del concepto de concentración expresada en gramos por litro. *Enseñanza de las Ciencias*, 40(1), 143–159. <https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.3267>

Traiman-Schroh, N., Raviolo, A., y Farré, A. (2022). Dificultades en el aprendizaje del concepto concentración: Una metasíntesis. *Educación Química*, 33(3), 127–138. <https://doi.org/10.22201/fq.18708404e.2022.3.81066>