

# Ideas previas en estudiantes de bachillerato sobre conceptos básicos de química vinculados al tema de disoluciones

Silvia Valdez-A.,<sup>1</sup> Fernando Flores-C.,<sup>2</sup> Leticia Gallegos-C.,<sup>2</sup> y Ma. Trinidad Herrera-M.<sup>3</sup>

## Abstract: Student's Previous Ideas about Basic Chemistry Concepts linked to Solution Themes

This study is based on three mixtures: two homogeneous and one heterogeneous. These mixtures were realized by 30 students (15-19 years old) of high school level (Universidad Autónoma de Puebla (UAP)). The intention was to know the student's previous ideas about chemical solutions and their relations with basic chemistry concepts; to establish their previous ideas about particles model of matter and their relation with their possibilities to identified different mixtures.

Mixtures processes were followed up by individual answer of a written questionnaire in an open question format. Also there were audiotape recorded interviews for each individual.

Most of the students have confusion on the explored concepts. Student's ideas were strongly linked to phenomenological descriptions, their ideas about matter are static and continuous, and students sometimes identify molecules just as small pieces of matter that constitute the solution. There are suggested some teaching considerations.

## Resumen

El presente estudio está basado en la realización de tres mezclas: una heterogénea y dos homogéneas, las cuales fueron realizadas individualmente por 30 estudiantes (15-19 años de edad) de bachillerato de la Universidad Autónoma de Puebla (UAP). El propósito era conocer las ideas previas de los estudiantes y sus relaciones sobre conceptos básicos de química vinculados con el tema de disoluciones; establecer las ideas previas que presentan en cuanto a un modelo de partículas y su relación con la identificación de las mezclas.

La realización de las mezclas fue seguida por la resolución individual de un cuestionario escrito, con preguntas abiertas, así como una entrevista individual audiograda.

La mayoría de los estudiantes tiene confusión en el manejo de los conceptos explorados. Las ideas de los estudiantes están fuertemente ligadas a lo fenomenológico. Para

ellos, la materia es continua y estática; sin embargo, identifican la presencia de partículas: moléculas que constituyen las disoluciones. Se sugieren algunas consideraciones para la enseñanza.

## Introducción

La química es una de las asignaturas escolares que presenta serios problemas en su comprensión y enseñanza en el nivel medio, como lo muestran diversas investigaciones realizadas en distintos contextos, edades cronológicas y niveles educativos (Chamizo, 1996; Driver, 1989). Estas investigaciones muestran que la dificultad principal que tienen los estudiantes en la comprensión de los conceptos químicos está relacionada con la necesidad de contar con un pensamiento abstracto que les permita representar un modelo de interpretación de la materia a nivel submicroscópico. Por ejemplo, los estudiantes dicen: "Veríamos unas partículas de sal, formando unos cristallitos muy, muy pequeños" (De Posada, 1993). Esta tendencia disminuye con el nivel de instrucción, sin desaparecer por completo, incluso después de cuatro años de estudios en química.

En las dos últimas décadas se han venido desarrollando cada vez más, diversos acercamientos para indagar las dificultades inherentes al aprendizaje de las ciencias, en estudiantes de los niveles básico, bachillerato y primeros años de educación superior, en muy diversos dominios (Driver, 1989; Flores, 1994; Lloréns, 1991; Pozo, 1991). En particular en química, Pozo, *et al.* (1991) identifican tres problemas principales que los alumnos deben superar para alcanzar su adecuada comprensión:

- la comprensión de la naturaleza discontinua de la materia;
- la conservación de propiedades no observables de la materia y
- la cuantificación de relaciones.

Gabel y Bunce (1994) en una revisión de las publicaciones realizadas durante 12 años en relación con el tema de disoluciones, encontraron que los problemas relacionados con su comprensión son complejos, ya que no sólo implican el concepto de mol, sino también de los procesos de disolución, molaridad y, frecuentemente, de ácidos y bases.

Los estudios pioneros en el tema de las disoluciones son los de Piaget e Inhelder (Driver, 1989) quienes, en sus investigaciones, pidieron a los niños predecir lo que sucede-

<sup>1</sup> Universidad Autónoma de Sinaloa, Dirección General de Escuelas Preparatorias.

<sup>2</sup> Universidad Nacional Autónoma de México, Centro de Instrumentos.

<sup>3</sup> Universidad Autónoma de Puebla.

Recibido: 23 de septiembre de 1997; Aceptado: 5 de enero de 1998.

ría con el peso y el volumen al disolver azúcar en agua. Encontraron que el razonamiento de los niños pequeños está regido por la experiencia perceptiva, ya que los niños afirman que no se darían cambios de peso ni de volumen porque el azúcar “desaparecería” al disolverse. Sin embargo, los niños mayores de 10 años reconocían la presencia del azúcar, aunque repartida en trozos pequeños.

Algunos estudios sobre disoluciones han centrado su atención en la conservación de la masa en una disolución. Por ejemplo, utilizando una disolución de agua y azúcar, Andersson (1984; en Driver, 1989) en un estudio con alumnos ingleses y suecos de 15 años de edad, encontró que sólo un tercio de la población predijo que la masa sería igual a la suma de la de sus constituyentes, mientras que más de la mitad consideró que sería menor: *porque el azúcar desaparece cuando se disuelve*. Por otra parte, Prieto, Blanco y Rodríguez (1989) encontraron que dos terceras partes de un grupo de niños españoles de secundaria (11-14 años) considera que la masa de la disolución sería menor que la suma de las masas iniciales de azúcar y agua, mientras que otros niños consideraban que el azúcar desaparecía de la disolución al combinarse con el agua. Lo anterior sugiere que la mayoría de los estudiantes infieren que la masa no puede conservarse, al parecer porque el azúcar al disolverse desaparece, lo que se encuentra directamente relacionado con la percepción del azúcar en la disolución. En otros estudios similares los estudiantes justifican la “desaparición” del azúcar en el agua porque sucede una transformación de sólido a líquido, o bien porque se desencadena una reacción química del azúcar al disolverse en agua (Ebenezer, 1996).

En este trabajo se pretende documentar las ideas previas de los estudiantes de tres grados de bachillerato de la Universidad Autónoma de Puebla sobre conceptos básicos de química vinculados al tema de disoluciones.

### Objetivos

- Determinar las ideas que permiten a los estudiantes identificar las mezclas homogéneas y las heterogéneas.
- Identificar las ideas de los estudiantes sobre solubilidad y factores que alteran la velocidad de disolución.
- Establecer las ideas previas que presentan en cuanto a un modelo de partículas y su relación con la identificación de las mezclas.

### Población

El presente estudio fue realizado con la colaboración de 30 estudiantes de los tres grados de bachillerato de la Universidad Autónoma de Puebla, los cuales fueron seleccionados al azar de dos escuelas preparatorias, una ubicada en una zona rural y la otra en una zona urbana. Participaron 15 alumnos por cada escuela, cinco por cada grado escolar. Los estudiantes de primer

grado aún no cursaban la materia de química, los de segundo la estaban cursando y los de tercero ya la habían cursado.

### Procedimiento

Se seleccionaron tres mezclas —denominadas aquí sistemas— que los alumnos realizaron de manera individual, en dos sesiones de 30 minutos cada una.

- Sistema I: 100 mL de agua, 50 g de sal de cocina y 50 g de limadura de hierro
- Sistema II: 200 g de agua y 20 g de azúcar
- Sistema III: 4 gotas de disolución de permanganato de potasio en cada uno de ocho tubos de ensayo. Diferente cantidad de agua en cada tubo.

Para cada una de las experiencias, se elaboraron preguntas con respuestas cerradas, solicitando por escrito en cada una, su justificación. Las preguntas para cada uno de los sistemas fueron:

- a) ¿El sistema puede considerarse un (elemento/compuesto/mezcla)? ¿Por qué?
- b) ¿El sistema puede considerarse homogéneo o heterogéneo? ¿Por qué?
- c) ¿Qué le sucedió a la sal/azúcar?

Las preguntas *a* y *b* no se formularon para el sistema III; sin embargo, los estudiantes recurrieron a ellas para contestar la pregunta ¿qué sucede al agregar las gotas de permanganato de potasio?

Posterior a la actividad, se entrevistó a los alumnos tomando como guía las mismas preguntas del cuestionario. Las entrevistas fueron grabadas y transcritas textualmente.

En un primer momento, las respuestas de los estudiantes a cada una de las preguntas del cuestionario y de las entrevistas fueron clasificadas por categorías y grado escolar. Se hizo un seguimiento de los conceptos de cada estudiante para valorar la consistencia de sus ideas previas en las diferentes experiencias, así como para establecer la dimensión evolutiva de las ideas de los alumnos de acuerdo con su edad y grado escolar.

### Resultados

No se encontraron diferencias entre las respuestas de los estudiantes de las zonas rural y urbana, por lo que en los resultados que aquí se presentan no se hace ninguna distinción al respecto. Los resultados se presentan de la siguiente manera:

1. Identificación de las mezclas como heterogéneas y homogéneas.
  - 1.1 Consistencia de las ideas de los estudiantes en relación con los conceptos de mezcla heterogénea y homogénea
  - 1.2 Uso de los términos compuesto, mezcla y elemento.

2. Ideas previas de los estudiantes sobre un modelo de partículas.
3. Ideas previas de los estudiantes respecto a la conservación de la masa.
4. Ideas previas de los estudiantes respecto a la solubilidad.
  - 4.1 Factores que afectan la solubilidad y la velocidad de disolución en el sistema II.

**1. Identificación de las mezclas como heterogéneas y homogéneas**

Un 83.33% de los estudiantes fue capaz de reconocer el sistema I como mezcla; sólo 60% (siete de 1º, seis de 2º y cinco de 3º) la clasificó como heterogénea (ver tabla 1).

Sin embargo, en sus explicaciones emplean los términos de manera errónea o incompleta. Por ejemplo:

Rosa: *“Mezcla porque se mezclaron elementos diferentes.”* Y es *“heterogéneo porque los elementos al mezclarlos se unen en dos compuestos”* (1º año)

Ernesto: *“Mezcla porque sigue siendo un elemento el agua y el hierro.”* Y es *“heterogéneo porque los elementos al mezclarlos se unen en dos compuestos”* (2º año).

Carlos: *“Mezcla debido a que los tres componentes de la disolución sólo se encuentran formando una solución simple, carente de propiedades coherentes entre cada uno.”* Y es *“heterogéneo pues son varios elementos los que ya interactúan sólo para dar una mezcla sin tantas características químicas”* (3º año)

Distinguen la mezcla porque se observan los constituyentes de la combinación; en este caso la palabra elemento es

utilizada como un componente del sistema. Por otro lado, la concepción de los estudiantes sobre lo heterogéneo se une a la idea de compuesto cuando cambia la apariencia perceptiva de los componentes. El concepto de compuesto es utilizado por los estudiantes como producto de la disolución:

Ismael: *“Compuesto, porque la sal y el agua se disolvieron, en tanto que la limadura de hierro se conservó intacta en el fondo del recipiente que contenía agua”* (3º año)

En los sistemas II y III la identificación de sus componentes no se puede hacer a simple vista, por lo que los estudiantes presentaron mayor dificultad en sus explicaciones sobre mezclas. El sistema II, sólo 30% lo identificó adecuadamente; 50% lo identificó como un compuesto y un alumno lo consideró como un elemento. En el sistema III, el problema de explicar qué sucede al agregar las gotas de disolución de permanganato de potasio al agua, fue mayor para los estudiantes. Sólo 27.58% dijo que se trataba de una mezcla homogénea; el resto la confundió con: compuesto (31.03%), elemento (6.88%) y con mezcla heterogénea (3.44%). Un 31.03% de los estudiantes recurrió a ideas de origen macroscópico para responder a la pregunta ¿qué sucede al agregar las gotas de permanganato de potasio en el tubo? Nueve estudiantes expresaron ideas relacionadas con lo directamente observable, como el color y el aumento de volumen.

Mireya: *“Es un elemento, porque se mezclaron el elemento agua y el permanganato, éste cambia de color el agua...”* (1º grado)

Prudencia: *“El primer tubo tiene una concentración fuerte y*

**Tabla 1.** Identificación de los Sistemas I, II y III como: elemento/compuesto/mezcla; mezclas homogéneas o heterogéneas. Frecuencia de respuestas y porcentajes.

SISTEMAS	SISTEMA I					SISTEMA II					SISTEMA III				
	1º	2º	3º	Total	%	1º	2º	3º	T	%	1º	2º	3º	T	%
<b>Mezcla</b>	9	9	7	25	83.33	4	5	5	14	46.66	2	4	3	9	31.03
Mezcla homogénea	1	3	1	5	16.66	3	4	2	9	30	1	4	4	9	27.58
Mezcla heterogénea	7	6	5	18	60	1	1	3	5	16.66	1	—	—	1	3.44
<b>Compuesto</b>	1	1	2	4	13.33	5	5	5	15	50	3	3	3	9	31.03
Compuesto homogéneo	—	—	—	—	—	3	4	4	11	36.66	3	3	2	8	27.58
Compuesto heterogéneo	1	1	2	4	13.33	1	1	1	3	10	—	—	1	1	3.44
<b>Elemento</b>	—	—	1	1	3.33	1	—	—	1	3.33	1	—	1	2	6.88
Elemento homogéneo	—	—	1	1	3.33	1	—	—	1	3.3	—	—	—	—	—
<b>Dicen desconocer los conceptos homogéneo/heterogéneo</b>	1	—	1	2	6.66	1	—	—	1	3.33	—	—	—	—	—
<b>No reconoce a ninguno de los anteriores</b>	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	3	3	3	9	31.03

Sistema I: agua/sal/limadura de hierro; sistema II: agua/azúcar; sistema III: agua/permanganato de potasio.

*es un elemento porque se unen un compuesto químico con el agua. Este elemento es heterogéneo porque se están uniendo tres elementos, uno inorgánico y dos orgánicos.” (3º grado)*

Como puede apreciarse, los estudiantes emplean el término elemento de manera arbitraria y en ninguno de los casos con el significado que se le asigna en química. Ningún alumno fundamentó que en una mezcla, al combinarse las sustancias, cada una retiene sus propiedades individuales, es decir, no se combinan químicamente.

### 1.1 Consistencia de las ideas de los estudiantes en relación con los conceptos de mezcla heterogénea y homogénea

Un estudiante de cada grado identificó adecuadamente los tres sistemas: el primero como mezcla heterogénea y los dos restantes como mezclas homogéneas.

De los siete estudiantes de primer grado que identificaron el sistema I como mezcla heterogénea, tres dijeron que el sistema II era mezcla homogénea y uno identificó el sistema III como disolución. De los seis alumnos de 2º grado que identificaron el sistema I como mezcla heterogénea, tres identificaron el sistema II y tres, al sistema III, como mezclas homogéneas. De los cinco alumnos de 3º grado que identificaron el sistema I, ninguno identificó el sistema II como mezcla homogénea y dos dijeron que el sistema III era homogéneo (ver gráfica 1). Lo anterior muestra la poca consistencia de los conocimientos de los alumnos en la identificación de las mezclas.

### 1.2 Confusión en el uso de los términos compuesto, mezcla y elemento

Los estudiantes identificaron las sustancias como compuesto, mezcla o elemento, únicamente cuando se les demandó explícitamente. En sus respuestas a otras preguntas no consideraron esa clasificación.

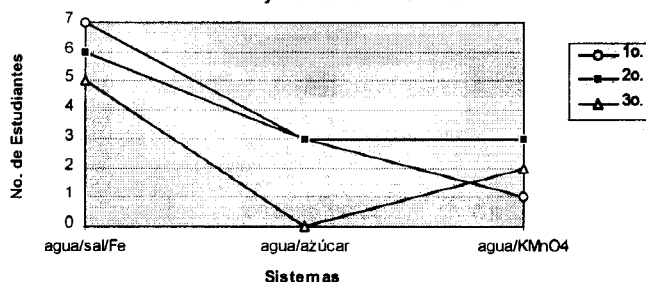
**Pregunta:** ¿El sistema I es elemento, mezcla o compuesto?  
Shachenka: *“El sistema puede considerarse una mezcla.”*  
(3º grado)

**Pregunta:** ¿Qué le sucedió a la sal?  
Shachenka: *“Se forma un compuesto con diferentes características.”*

La misma estudiante ante el mismo sistema responde utilizando dos expresiones distintas.

Lo anterior es consistente con lo encontrado por Holding (1985) y Lloréns (1991) (citados en Pozo 1991, p. 151) en cuanto a que hay un considerable porcentaje de alumnos que identifican como elemento ciertos prototipos influenciados por el lenguaje cotidiano y por la falta de comprensión de

Seguimiento de la consistencia de las ideas de los estudiantes en la identificación del primer sistema como MHe y los otros como MHo



Gráfica 1.

otras nociones básicas de química; algunos de estos prototipos son el agua y la sal, lo cual coincide con los datos recabados en este trabajo.

## 2. Ideas previas de los estudiantes sobre un modelo de partículas

Ante las mismas preguntas: ¿qué le sucede a la sal? (sistema I) y ¿qué le sucede al azúcar? (sistema II), se encontró que la mayoría de los estudiantes no recurrieron a explicaciones atomistas; se basaron en la apariencia externa de las mezclas, sobre todo en la mezcla de agua/azúcar (ver tablas 2 y 3). Sólo cuatro estudiantes, tres de 3º y uno de 1º mencionaron los términos átomo, molécula y elemento, y sólo uno de ellos hizo alusión a la separación de las moléculas, si bien no menciona la presencia de iones. Algo similar fue reportado por De Posada (1993, p. 14) en un estudio realizado con alumnos españoles de 15-18 años de 2º y 3º de BUP y COU, “...son minoría los alumnos (33% en COU) que hablan de iones cuando se les pregunta de forma espontánea, no dirigida”.

En el sistema I, ante la misma pregunta: ¿qué le sucede a la sal? un estudiante de 2º responde que la sal cambió de estado sólido a estado líquido. En sistemas similares, Ebenezer (1996, p. 186) encuentran la misma idea en estudiantes canadienses de grado 11.

Cabe precisar que las respuestas que dieron los estudiantes para cada uno de los dos sistemas, fueron diferentes. Sólo dos estudiantes dieron explicaciones similares:

Ismael: *“La sal se disuelve y confunde sus propiedades con el agua”* (3º grado)

Ismael: *“El azúcar se disuelve en el agua, esto es, que el azúcar se confunde con los elementos del agua”*

Julio: *“Se separaron las moléculas de la sal y no se logran ver porque las moléculas de la sal están tan separadas que no se logran ver”* (3º grado)

Julio: *“El azúcar se disolvió, sus moléculas se separan”*

**Tabla 2.** Sistema I. ¿Qué le sucedió a la sal? Ideas previas de los estudiantes, por grado escolar. Frecuencia de respuestas y porcentajes.

Ideas previas/grados escolares	1°	2°	3°**	Total	%
Se une con otro elemento, pero no se ve, pero sí existe (por su sabor).	6	7	2	15	50
Se convierte en una mezcla color café y una parte quedó en la limadura.	1	1	6	8	26.66
El agua descompuso su estructura química y la absorbió.	1	—	—	1	3.33
La sal se hace en materia más pequeña.	1	1	—	2	6.66
La sal cambió de estado sólido a estado líquido.	—	1	—	1	3.33
Se separaron las moléculas de la sal y no se logran ver porque las moléculas de la sal están tan separadas que no se logran ver.	—	—	1	1	3.33
La sal confunde sus propiedades con el agua.	—	—	1	1	3.33
Se disuelve y forma un compuesto con diferentes características.	—	—	1	1	3.33

\* Un alumno no contestó; por ello suman 9 estudiantes en 1° grado.

\*\* Un mismo alumno dio dos explicaciones, por ello suman 11 estudiantes en 3° grado.

En relación con la pregunta ¿qué le sucede a la sal? todos tienen claro que la sal se disolvió, pero difieren en sus explicaciones sobre el fenómeno (ver tabla 2). La mitad de los estudiantes recurrió a una respuesta derivada del sentido común: *“se disuelve porque se une con otro elemento, no se ve, pero sí existe (por su sabor).”*

Tres estudiantes, uno por cada grado escolar, afirmaron que *“el azúcar desaparece dejando el agua intacta”*, para ellos no hubo conservación de la materia, ni principios de atomismo. Esta respuesta fue dada también por algunos estudiantes neozelandeses (Driver, 1989, p. 236).

Dos estudiantes recurrieron al tamaño y dispersión de las partículas del soluto:

*“La sal se hace en materia más pequeña”*

*“Se separan las moléculas de la sal y no se ven”*

En la primera respuesta se intenta explicar un proceso submicroscópico a partir de lo macroscópico, ya que la sal

conserva sus propiedades químicas. La segunda respuesta considera el carácter molecular de la materia, pero su explicación no le lleva a un plano de estructura molecular que le permita hablar de iones.

Dos estudiantes creen que se forma una nueva sustancia: *“el agua descompuso su estructura química y absorbe y descompone los átomos de azúcar”*. Resultados similares se encuentran en Prieto (1989) y en Ebenezer (1996), ambos estudios realizados con estudiantes de secundaria.

Cabe señalar que en la descripción de la disolución, no aparece la utilización de ideas referidas al movimiento de las partículas, a las fuerzas de cohesión, ni a la interacción entre las partículas del disolvente y soluto.

### 3. Ideas previas de los estudiantes respecto a la conservación de la masa

Las ideas de los estudiantes respecto de la conservación de la materia fueron exploradas a través de la pregunta: ¿cuál será la masa de la disolución 200 g de agua/20 g de azúcar?

**Tabla 3.** Sistema II. ¿Qué le sucedió al azúcar? Frecuencia de respuestas y porcentajes.

Ideas previas de los estudiantes/grados escolares	1°	2°	3°	Total	%
Se disuelve y une al agua. Sigue estando ahí el azúcar (por su sabor y aumento de volumen).	6	5	4	15	50.00
El azúcar se adhiere al agua y no la podemos ver a simple vista.	—	3	3	6	20.00
El azúcar desaparece dejando el agua intacta.	1	1	1	3	10.00
El agua descompuso su estructura química y absorbe y descompone los átomos de azúcar.	1	—	1	2	6.66
El azúcar se descompone en varias partes pequeñas.	1	1	—	2	6.66
El azúcar se disolvió, sus moléculas se separaron.	—	—	1	1	3.33
El azúcar se disuelve en el agua, esto es, que el azúcar se confunde con los elementos del agua.	—	—	1	1	3.33

NOTA: un alumno de primero no respondió y uno de tercero dio dos respuestas diferentes.

La mayoría de los estudiantes (72.41%) reconoce la conservación de la masa en la disolución agua/azúcar, los estudiantes dieron gran diversidad de respuestas para justificarlo, como se muestra en la tabla 4. Por ejemplo, dos alumnos de 1o. año respondieron: “200 gramos porque el azúcar se integra al agua y absorbe el peso”. En algunos casos, en su explicación retoman la idea de materia constituida por partículas que requieren de mayor espacio en el proceso de la disolución: “Aumenta; ya que al separarse, las partículas necesitan más espacio” (3° grado). En otras respuestas, los alumnos utilizan conceptos como densidad y peso como sinónimos y confunden la densidad con el volumen. Por ejemplo, un alumno de 3° grado dijo: “210-215 gramos ya que al combinar el azúcar con el agua ésta pierde su densidad o peso”.

**4. Ideas previas de los estudiantes respecto a la solubilidad**

De las respuestas de los alumnos es posible apreciar una evolución con relación al grado escolar, sobre la posibilidad de disolver o no todo el azúcar que se quiera en un vaso con agua (ver tabla 5). Un 44.82% dio una respuesta satisfactoria aunque en sus explicaciones no consideraron variables tales como la temperatura o la naturaleza del soluto y del disolvente. Algunos estudiantes asignaron cantidades arbitrarias posibles de ser disueltas:

*“Nada más cabrían 500 gramos de azúcar en 200 mililitros de agua”* (alumno de 1° grado); *“Los elementos químicos del agua se saturan y no permiten absorber más elementos, únicamente absorben la mitad de su peso”* (alumno de 1° grado).

Para 10 alumnos no existe un límite en la cantidad de azúcar

que puede disolverse, lo que nos lleva a pensar que consideran que en su descripción de que el azúcar “desaparece” tiene el sentido de no conservación de la materia.

*Carlos: “Sí, debido a que por lo visto en la experiencia se puede deducir que el azúcar es un elemento que se puede diluir y perder fácilmente gracias a su densidad y a que no ocupa mucho volumen dentro del agua”* (3° grado).

Por otro lado, la acción de disolver azúcar en agua es común en la vida cotidiana por lo que la mayoría de las investigaciones realizadas sobre disoluciones se toma como experiencia a discutir reflejando que la acción diaria, no implica necesariamente un cuestionamiento sobre la explicación el suceso.

**4.1 Factores que afectan la solubilidad y la velocidad de disolución en el sistema II**

Para la identificación de las ideas previas de los estudiantes sobre este tema, se les dieron cuatro opciones a través de la pregunta: ¿la temperatura, la presión, el tamaño de las partículas del soluto y la velocidad de disolución por agitación, afectan al sistema?, ¿por qué? (Sistema II: agua/ azúcar).

Entre las ideas de los estudiantes se encontró que siete de ellos (uno de 1°, uno de 2° y cinco de 3°) consideraron que la temperatura, el tamaño y la velocidad por agitación, son factores que agilizan la velocidad de la reacción; de éstos, dos de tercero dijeron que también la presión afecta al sistema. Un tercio de los estudiantes reconoció que la temperatura es una variable que afecta al sistema agua/azúcar, no obstante que esta operación es recurrente en la vida cotidiana.

Algunas de las razones que dieron los alumnos durante la entrevista son:

Tabla 4. Sistema II. Conservación de la masa (200 g agua/20 g azúcar). Frecuencia de respuestas

Ideas previas de los estudiantes	1°	2°	3°	Total
<b>220 g:</b> Porque eran 200 de agua y 20 de azúcar y se unieron. Aumentó el volumen del agua y el azúcar no se perdió. Hay un compuesto uniforme.	7	8	6	21
<b>200 g:</b> Porque el azúcar se integra al agua y absorbe el peso.	2	—	—	2
<b>210-215 g:</b> Ya que al combinar el azúcar con el agua, ésta pierde su densidad o peso.	—	—	1	1
<b>No la puedo contestar</b>	—	1	—	1
Al disolverse cambió su forma.	—	1	—	1
Su masa será mayor al agregar el azúcar al agua (sin especificar cantidad) pues la densidad ocupada por el azúcar hace que el volumen del agua se incremente.	—	—	2	2
Aumenta; ya que al separarse, las partículas necesitan más espacio.	—	—	1	1

\*Un alumno no contestó.

Tabla 5. Sistema II. ¿Se puede disolver todo el azúcar que queramos en el vaso de agua? Frecuencia de respuestas y porcentajes

Resumen de las ideas previas de los estudiantes/grados escolares	1°	2°	3°	Total	%
<b>No se puede:</b>					
No se puede disolver mucha cantidad de azúcar porque el agua podría dejar de ser disolvente, formándose una masa.	1	4	7	12n	40
Todo tiene un límite y no se puede disolver un kilogramo de azúcar en 200 mililitros de agua.	2	1	1	4	13.33
Sería mucha azúcar para la poca agua que existe.	1	—	—	1	3.33
Nada más cabrían 500 gramos de azúcar en 200 mililitros de agua.	1	—	—	1	3.33
No, porque el azúcar va absorbiendo el agua y habrá un momento en que ya no habrá agua en el vaso.	—	1	—	1	3.33
Los elementos químicos del agua se saturan y no permiten absorber más elementos, únicamente absorben la mitad de su peso.	1	—	—	1	3.33
<b>Sí se puede</b>					
Sólo hay que mover y mover hasta que se disuelva.	3	1	—	4	13.33
En el vaso que tenemos no porque se derramaría, ero si lo colocamos en uno más grande, entonces sí.	1	2	1	4	13.33
Porque el agua es un elemento que disuelve y no habría interferencia entre unas partículas y otras. El azúcar es un elemento que se puede diluir y perder fácil.	—	1	1	2	6.66

Ángel: “La temperatura y la presión no afectan porque son elementos ajenos al compuesto, pero sin embargo, el tamaño y la velocidad, sí porque afectan a uno de los elementos” (1° grado)  
 Marco: “La temperatura no afecta, porque llevémoslo a donde lo llevemos, el agua siempre va a estar al mismo nivel; el tamaño de las partículas no influye aunque tardará más tiempo, pero se disolverá; la velocidad no afecta porque de todos modos se disolverá el azúcar” (2° grado)

Quienes afirmaron que la temperatura afecta al sistema, no dieron explicación. Estas respuestas confirman la carencia de representación del modelo de partículas de la materia. En relación con la presión, cuatro alumnos reconocieron su desconocimiento y las respuestas que dio el resto de los estudiantes ponen de manifiesto su confusión.

La mayoría (76%) de los estudiantes considera que la velocidad de disolución por agitación sí afecta al sistema, aunque sus explicaciones fueron de carácter fenomenológico: “se disuelve más rápido a mayor velocidad” y “porque afecta a uno de los elementos”.

### Conclusiones

De los resultados obtenidos, —que en general están de acuerdo con resultados de investigaciones previas, pero que nos ofrecen una visión más estructuradas de lo que ocurre con nuestros estudiantes— podemos notar varios aspectos que nos dan indicios acerca del nivel de representación que tienen los estudiantes del bachillerato sobre conceptos y procesos básicos de la química. Éstos son los siguientes:

1. Los conceptos de elemento, compuesto y mezcla a pesar de reconocerlos como propios del lenguaje de la química, tienen una connotación de uso común. Así, el término elemento es utilizado como componente del sistema de disolución, el término compuesto como la unión de los integrantes del sistema y el término mezcla como el resultado de la composición de todos ellos.

2. Se percibe en general un principio de conservación de la materia como sustancia, pero no así de la masa, la cual se confunde con densidad o con peso. Esta confusión (planteada también en trabajos sobre ideas previas en física) tiene implicaciones sobre la concepción molecular de la materia al no atribuir características dinámicas a las moléculas.

3. Aunque en este estudio aparece en pocos estudiantes, es importante señalar que la disolución puede ser interpretada como un cambio de fase de sólido a líquido, atribuyendo al disolvente la propiedad de llevar a cabo esta transformación.

Los puntos 2 y 3 refuerzan la poca claridad que se manifiesta en los estudiantes sobre la concepción molecular de la materia. Hay una dificultad inherente en el cambio de una representación macroscópica y continua a una microscópica y discontinua. Esta dificultad se resume en la diversidad de interpretaciones que tienen los estudiantes en torno al proceso de la disolución.

Es notorio también que no hay una concepción de sistema y de proceso o interacciones, así los estudiantes presentan dificultades para correlacionar otros aspectos con la influencia de propiedades de los sistemas y sus variaciones.

Tabla 6. Sistema II. Factores que afectan al sistema. Frecuencia de respuestas por grado escolar

Ideas previas de los estudiantes/Grados escolares	1º	2º	3º	Total
<b>La temperatura sí afecta.</b> Se disuelve más rápido en agua caliente que en agua fría.	3	2	5	10
<b>La temperatura no afecta porque:</b> a) es un elemento ajeno al compuesto y b) en agua caliente o fría se disuelve el azúcar.	5	8	4	17
<b>La presión sí afecta.</b> Se disuelve más rápido.	—	1	2	3
<b>La presión no afecta porque:</b> a) es un elemento ajeno al compuesto y b) porque llevemos a donde llevemos el agua, siempre va a estar al mismo nivel.	3	6	1	10
<b>No se entiende el concepto de presión.</b>	2	1	1	4
<b>El tamaño de la partícula del soluto sí afecta:</b> a) un trozo grande tardará más en disolverse que uno pequeño y b) ya que no afecta a uno de los elementos.	8	4	7	19
<b>El tamaño de la partícula del soluto no afecta:</b> a) aunque tarde más tiempo pero se disolverá y b) porque sigue teniendo las mismas características al diluirse en el agua.	—	6	2	8
<b>Sí afecta la velocidad por agitación:</b> a) se disuelve más rápido a mayor velocidad; b) porque afecta a uno de los elementos; c) si no agitamos, no se disolverá el azúcar; y d) si no agitamos no se disolverá el azúcar.	8	7	8	23
<b>No afecta la velocidad por agitación</b> porque de todos modos se disolverá.	1	2	—	3

Esto refleja al menos en parte dos cosas: la carencia de actividades experimentales y las dificultades de representar lo observable en términos de los conceptos.

De los elementos apuntados pueden desprenderse algunas consideraciones para la enseñanza. Además de aspectos conocidos, como fortalecer la vinculación de los conceptos con aspectos cotidianos, mejorar y ampliar las actividades experimentales y tomar en cuenta las concepciones de los estudiantes, es conveniente:

- Diferenciar en todas las ocasiones que sea posible, cómo se están empleando y qué significado tienen los términos cuando se describen y explican situaciones fenomenológicas.
- Apoyar y promover en los estudiantes en todo momento, interpretaciones de los procesos observables, en términos microscópicos. Es común que sólo se describe en cierto detalle el aspecto molecular y atómico de la materia cuando forma parte del tema que se enseña, pero cuando se pasa a otros temas no se hace la transferencia de la visión macroscópica a la interpretación molecular o microscópica.
- Es conveniente también delimitar los sistemas, definiendo variables que pueden influir en el proceso.

Finalmente es necesario apuntar, que este estudio presenta un panorama general de las ideas previas de los alumnos y que para una mejor comprensión y estructuración de estas concepciones será necesario profundizar en la concepción molecular y atómica de la materia en la representación de diversos fenómenos químicos. ■

## Referencias

- Andersson, B. *Chemical Reactions*. EKNA Group, Universidad de Gothenburg, Goutemburgo, Suecia, 1984. En: Driver, Rosalind, Guesne, E., Tiberghien, A. *Ideas científicas en la infancia y en la adolescencia*, MEC, Morata, Madrid, 1989, p. 237.
- Chamizo, J.A., Enseñar lo esencial acerca de lo más pequeño, *Educación Química*, 7[1], 7-12, 1996.
- De Posada Aparicio, J.M., Concepciones de los alumnos de 15-18 años sobre la estructura interna de la materia en el estado sólido, *Enseñanza de las ciencias*, 11[1], 12-19, 1993.
- Driver, Rosalind, Guesne, E., Tiberghien, A., *Ideas científicas en la infancia y en la adolescencia*, MEC, Morata, Madrid, 1989, p. 19-30 y 225-258.
- Ebenezer, Jazlin V. y Erickson, Gaalen L., Chemistry Student's Conceptions of Solubility: A Phenomenography, *Science Education*, 80[2], 181-201, 1996.
- Flores Camacho, F. y Gallegos C., L., Preconceptions and relations used by children in the construction of food chains, *Journal of Research in Science Teaching*, 31[3], 259-272, 1994.
- Gabel, Dorothy L. and Bunce, Diane, M., (1994) "Research on Problem Solving: Chemistry", en: *Handbook of Research on Science Teaching and Learning. A project of the national science teachers association*. 1944-1994, EUA.
- Holding, B., *Aspects of secondary students' understanding of elementary ideas in chemistry: Summary report*. Children's Learning in Science Project. Centre for Studies in Science and Mathematics Education, The University of Leeds, 1985.
- Llórens M.J., *Comenzando a aprender química. Ideas para el diseño curricular*. Aprendizaje Visor, España, 1991.
- Piaget, J. e Inhelder, B., *The Childs Construction of Quantities*, Routledge and Kegan Paul, Londres, 1974. Trad. al español: *Desarrollo de las cantidades físicas en el niño*, Nova Terra, Barcelona, 1977.
- Pozo, J.I., Gómez Crespo, M.A., Limón, M., Sanz Serrano, A., *Procesos cognitivos en la comprensión de la ciencia: las ideas de los adolescentes sobre la química*, CIDE, Madrid, 1991.
- Prieto, T., Blanco, A. y Rodríguez, A. The ideas of 11 to 14-year-old students about the nature of solutions, *International Journal of Science Education*, 11[4], 451-464, 1989.