



## INVESTIGACION E INNOVACION ESCOLAR

### *Ideas de los alumnos de diferentes niveles educativos sobre el proceso de disolución(\*)*

M. V. Valcárcel Pérez

G. Sánchez Blanco

*Departamento de Didáctica de las Ciencias Experimentales (\*\*)*

#### RESUMEN

*En este artículo exponemos las ideas encontradas en los alumnos sobre dos conceptos: disolución y concentración, esenciales en el estudio de la Química de los diferentes niveles educativos. Conocer las ideas que persisten tras la enseñanza reiterada de estos tópicos y analizar las dificultades que tienen para establecer las relaciones conceptuales pertinentes, es el paso previo al diseño de estrategias que tengan como punto de partida el marco conceptual del alumno.*

#### Introducción

Es de esperar que la mayoría de los profesores de Ciencias se planteen como objetivos de su enseñanza la adquisición de conoci-

mientos científicos, habilidades de investigación, destrezas manipulativas y actitudes científicas. De igual modo es de esperar que los aprendizajes, relativos a los anteriores aspectos de las Ciencias, lleven a nuestros alum-

(\*) Este trabajo forma parte del proyecto de investigación financiado por la DGICYT de n° de referencia PB 87-0683

(\*\*) Escuela Universitaria de Magisterio  
Universidad de Murcia  
30100 Murcia

nos a una mayor comprensión del mundo que les rodea. La búsqueda de indicadores que nos permitan medir la funcionalidad de lo aprendido es esencial para evaluar la calidad de nuestras enseñanzas y supondrá averiguar el significado que para el alumno tienen los conceptos que hemos ido introduciendo, así como las relaciones conceptuales que establece en tareas concretas.

El presente trabajo indaga en el significado de conceptos relativos al estudio de las disoluciones mostrando la incidencia que la enseñanza reiterada de este tema tiene en la adquisición de conocimientos científicos. La selección de este tema no sólo ha sido por el carácter básico que tiene en los currícula de Química de todos los niveles educativos sino por ser uno de los que presenta mayor dificultad para su enseñanza (Jiménez, 1987).

Puesto que la investigación pretendía contrastar los aprendizajes en diferentes niveles educativos se seleccionaron los dos conceptos más relevantes y que sin duda se abordan en todos los niveles: disolución y concentración.

### Instrumentos de exploración

Hemos utilizado como instrumentos de exploración lo que denominamos "Pruebas Experienciales" por dos motivos:

Nos permiten superar las clásicas pruebas de papel y lápiz ante las que el alumno difícilmente se ve motivado por reproducir una situación siempre ingrata como es la del examen y por haber constatado previamente su potencialidad evaluadora en otra área de las ciencias tan próxima como la Física (García-Estañ, 1988).

En ellas se parte de una situación experimental real, a partir de la cual se plantean cuestiones referentes a lo que perciben los alumnos. Estos responden por escrito a los items tras la experiencia o simultáneamente, estando el material a su disposición durante toda la prueba.

En la PE1 se les muestra a los sujetos tres probetas de  $100 \text{ cm}^3$  de capacidad rotuladas con las letras A, B y C.

La A contiene  $40 \text{ cm}^3$  de un líquido incoloro (etanol), la B  $60 \text{ cm}^3$  de un líquido tras-

lúcido azulado (agua + azul metileno) y la C no contiene ningún líquido. En esta situación se les pide que respondan al item-1:

1. Anota los volúmenes de A y B.

$$V_A = \quad V_B =$$

A continuación, el aplicador vierte el contenido de las dos probetas en C, primero la B y después la A. Como resultado obtiene un líquido azul menos intenso y con un volumen de  $98 \text{ cm}^3$  en lugar de  $100 \text{ cm}^3$  como era de esperar. En esta situación el aplicador plantea el resto de los items:

2. Anota el volumen de C.

$$V_C =$$

3. Al echar el líquido A sobre B. ¿Qué ocurre?
4. ¿Cómo se llama en ese sistema, C, al líquido de A?
5. ¿Cómo se llama en ese sistema, C, al líquido de B?
6. Si la masa del líquido A es  $m_A = 30 \text{ g}$ , y la del B es  $m_B = 60 \text{ g}$ . ¿Cómo será la masa del líquido C, mayor, menor o igual que la suma  $m_A + m_B = 90 \text{ g}$ . ¿Por qué?
7. ¿El volumen del sistema C,  $V_C$ , es mayor, menor o igual que  $V_A + V_B$ ? ¿Por qué crees que es así?
8. Si "." representa las partículas del líquido A y "x" las del B. Dibuja cómo están las partículas en el recipiente C si pudieras verlas.

Como los items-1 y 2 podemos, además de valorar la capacidad que tiene el alumno para medir el volumen de un líquido, comprobar hasta qué punto aprecia la reducción de volumen o condiciona dicha percepción a sus expectativas.

El item-3 indaga en la identificación del proceso de disolución o la interpretación de un doble fenómeno: disminución de la coloración y reducción de volumen.

Los items-4 y 5 comprueban si los alumnos utilizan la terminología correcta para identificar a los componentes de la disolución.

Los items-6 y 7 nos permiten saber si el alumno conoce el principio de conservación de la masa, si lo hace extensivo al volumen y cómo su aplicación está condicionada por la reducción de volumen. Además insiste en la interpretación del fenómeno de la reducción de volumen.

Por último, el ítem-8 ahonda en el conocimiento particular de la materia, necesario para poder interpretar adecuadamente el fenómeno mostrado.

En la PE2, se les muestra a los alumnos dos vasos de precipitados de 250 cm<sup>3</sup> de capacidad con igual volumen de líquido en ambos (etanol) y rotulados con letras A y B. En el vaso A se añade una medida de ácido pícrico resultando un líquido amarillo ocasionalmente con algunos cristales sin disolver y en el B se añade la misma medida de azufre quedando completamente precipitado. En esta situación terminal se les plantea los ítems siguientes:

1. Describe lo que ocurre en el recipiente A.
2. Describe lo que ocurre en el recipiente B.
3. ¿Por qué el líquido del recipiente A se vuelve amarillo?
4. ¿Dónde es mayor la concentración en A ó B? ¿Por qué?
5. ¿Qué necesitarías saber para determinar exactamente la concentración?
6. ¿Podrías separar las dos sustancias del recipiente B? ¿Cómo?

Los ítems-1, 2 y 3 indagan, en una situación diferente a la presentada en PE1, si el alumno identifica una disolución, claramente diferente del otro sistema, y si su conceptualización le permite explicar la causa de la coloración del líquido inicialmente transparente.

Los ítems-4 y 5, ahondan explícitamente en el significado que para el alumno tiene el término concentración y en los datos necesarios para cuantificarla en cualquiera de sus formas.

El ítem-6 junto con el ítem-5 de PE3, estudian si para el alumno la reversibilidad de un proceso, como es la posibilidad de que tras mezclar dos componentes pueden separarse, está condicionada por la perceptibilidad de los componentes que forman el sistema resultante. También indaga en el conocimiento que tienen los alumnos de métodos de separación elementales.

En la PE3 se les presenta a los alumnos tres vasos de precipitados de 500 cm<sup>3</sup> de capacidad diferenciados por las letras A, B y C, y

con igual volumen de agua, 200 cm<sup>3</sup>. Tras añadir a los vasos A y B, uno y dos sobres, respectivamente, conteniendo cada uno, 1,5 g. de un edulcorante (dextrosa y sacarina) y agitar hasta su disolución total, se les pide a los alumnos que respondan a los dos primeros ítems:

1. ¿En qué vaso, A ó B, hay más líquido?  
¿Por qué?

2. ¿Cuál de los dos líquidos, el de A ó el de B, sabría más dulce? ¿Por qué?

A continuación, se trasvasa el contenido de B en C y se plantean el resto de los ítems:

3. ¿Qué vaso tiene más azúcar, A ó C?

¿Por qué?

4. ¿Qué vaso sabría más dulce, A ó C?

¿Por qué?

5. ¿Podrías separar el azúcar del agua?

¿Cómo?

Con el ítem-1, los alumnos han de precisar el significado de una expresión usual en unas condiciones en las que no se percibe una modificación del volumen inicial en ningún caso.

Las respuestas nos permiten ahondar más en cómo los alumnos interpretan el proceso de disolución.

Los ítems-2 y 4 indagan implícitamente en el concepto de concentración constatando su utilidad para explicar una situación fácilmente predecible. Además, con el ítem-3, buscamos la diferenciación entre este concepto y el de cantidad de materia.

## Muestra

La recogida de información se ha realizado en tres niveles diferentes (EGB, BUP y EU de Magisterio) durante el mes de Mayo de 1988. En todos ellos se han elegido alumnos de cursos terminales que, o bien, habían estudiado el tema el año antes (BUP y Magisterio) o lo habían hecho ese mismo año (EGB). Aunque no hemos tratado de hacer un estudio longitudinal en sentido estricto, si hemos buscado la incidencia que la escolarización tiene en la comprensión de un fenómeno concreto como el proceso de disolución, las ideas alternativas que mantienen los alumnos incluso tras la aparente formalización de algu-

nos conceptos y las implicaciones que pueden desprenderse, de forma específica, para abordar el estudio de las disoluciones.

La tabla I recoge las características de la muestra elegida:

	Alumnos	Centros
E.U. Magisterio (3º Ciencias)	75	Murcia
BUP (3º Ciencias)	65	Molina(2) Espinardo
EGB (8º Curso)	81	Archena Molina Murcia
Total.....	221	

Tabla 1

### Análisis de resultados

Ya que la repetibilidad de los acontecimientos es la base para establecer los "hechos didácticos" pertinentes (Giordan, 1985), el vaciado de los items se ha realizado buscando elementos comunes en las respuestas de los alumnos que permitieran el establecimiento de diferentes categorías para cada item. Se han mantenido categorías que, aunque tienen una incidencia global poco significativa o aparecen sólo en un nivel educativo, nos proporcionan una información que precisa más las ideas de los alumnos o nos permite comprender las dificultades que tienen para aprender determinadas relaciones conceptuales.

Una descripción pormenorizada de los resultados anarquiza excesivamente esta expo-

sición, por lo que presentamos un análisis global.

Centrado en la capacidad que tienen los alumnos para reconocer la formación de una disolución, en la interpretación que hacen del proceso y en el significado del concepto de concentración.

#### 1. Identificación del proceso de disolución

De los resultados de la PE1: Item-3 y PE2: Item-1, se desprende que el reconocimiento de una disolución está condicionado por la naturaleza de sus componentes. Así, en todos los niveles, el porcentaje de alumnos que admiten la formación de la disolución sólido-líquido es mucho mayor que cuando es líquido-líquido (Tabla II).

	EGB	BUP	Magisterio
Sólido-líquido	27.2	72.4	67.5
Líquido-líquido	4.9	44.6	35.1

Tabla 2. % de alumno que reconocen la formación de la disolución sólido-líquido y líquido-líquido.

Como ya hemos dicho en la descripción de las pruebas al preparar la disolución de picro-alcohol, ocasionalmente, quedaban cristales sin disolver. Este hecho ha llevado a unos pocos alumnos a no admitir la formación de dicha disolución. También es destacable que un porcentaje de alumnos considerable, sobre todo en Magisterio, establecen una compara-

ción entre ambos precipitados y admiten que el azufre también se disuelve, lo que resulta incomprensible a no ser que algún efecto óptico les haya hecho percibir una aparente coloración del alcohol.

En el caso de la disolución alcohol-agua, un porcentaje de alumnos considerable, utilizan los términos de mezclar o juntar de for-

ma alternativa al de disolver sobre todo en la EGB. No nos es posible discernir con los datos que tenemos para este nivel, si en estos términos está implícito el concepto de disolución o si los utilizan estrictamente en el sentido vulgar. Sin embargo, dado el porcentaje de alumnos de BUP y Magisterio que de forma total o parcialmente correcta identifican los componentes del sistema agua-alcohol con los términos de soluto y disolvente (66,2% y 91,9%, respectivamente), creemos que en estos niveles implícitamente se refieren a la disolución cuando hablan de que los líquidos se han mezclado, o bien, que se han apropiado de una terminología que les permite ser operativos en sus respuestas mostrando incluso un lenguaje adecuado pero que encubre la falta de diferenciación conceptual de dichos conceptos, lo que ya ha sido expuesto por otros autores (Izquierdo, 1987).

La descripción de los sistemas formados en base exclusivamente a aspectos perceptibles ("aumenta el volumen", "disminuye el color", "se vuelve amarillo",...) sin hacer referencia al concepto de disolución, aunque dominante en la EGB, también aparece de manera significativa en los otros niveles, lo que muestra el carácter empirista con que abordan la solución de las cuestiones planteadas. Pues, aunque es necesario admitir que la formulación de los ítems (PE1: Item-3 y PE2: Item-1) permite respuestas en base sólo a aspectos perceptibles, la adquisición significativa de un concepto como el de disolución debe posibilitar el reconocimiento de estos sistemas en un contexto diferente al estudiado (Tabla III).

	EGB	BUP	Magisterio
Pícrico-alcohol (sólido-líquido)	64.2	21.5	24.3
Alcohol-agua (líquido-líquido)	54.3	29.2	35.1

Tabla 3. % de alumnos que describen el proceso refiriéndose sólo a aspectos perceptibles.

Por último, y de forma general, en estos ítems de carácter descriptivo se aprecia una falta de hábito al explicitar lo observado (relatar la secuencia, considerar las variables, puntualizar las diferencias en el resultado, ...) lo que es achacable a la escasa realización de tareas en la enseñanza de las ciencias que potencien las habilidades de investigación necesarias tanto para el análisis de una situación experimental como para aumentar su capacidad de expresión.

## 2. Interpretación del proceso de disolución

El conocimiento de la naturaleza particular de la materia es un requisito imprescindible para interpretar adecuadamente el proceso de disolución. La importancia de este conocimiento ha hecho que se aborden estudios específicos independientemente del fenómeno físico o químico implicado (Driver, 1985; Brook, 1985). Los resultados obtenidos mues-

tran que aunque dicha naturaleza es conocida, no es utilizada para dar las explicaciones causales que se solicitan en el conjunto de las pruebas. Así, cuando se les pide a los alumnos que representen el sistema resultante alcohol-agua, salvo unos pocos alumnos de EGB y BUP que no responden o representan un continuo, el resto asume la idea particular de la materia, aunque aparezcan concepciones equívocas tales como: una distribución de partículas homogénea y claramente ordenada característica de estado sólido cristalino, o la presencia de dos fases, por lo general abajo y arriba, en el orden en que se trasvasaban los líquidos. De igual modo, es importante señalar que en ningún caso aparecen símbolos que muestren la idea de movimiento ni la de interacción entre partículas.

Sin embargo, cuando expresamente no se les dice que representen las partículas sino que se les pide que expliquen la coloración

amarilla del alcohol-pícrico o la diferencia entre el volumen esperado de alcohol-agua y el resultante, los resultados muestran que en su mayoría los alumnos no son capaces de reali-

zar una transferencia conceptual. Así, tan sólo un pequeño porcentaje de alumnos dan explicaciones microscópicas en términos de partículas (Tabla IV).

	EGB	BUP	Magisterio
Representación particular del sistema agua-alcohol	45.7	66.2	81.1
Interpretación de la coloración amarilla del sistema pícrico-alcohol	3.7	6.1	16.2
Interpretación del volumen observando en el sistema agua-alcohol	1.5	1.5	5.1

Tabla 4. % de alumnos que responden refiriéndose a la naturaleza particular de la materia.

En el caso del pícrico-alcohol se dan explicaciones en términos macroscópicos que insisten en la formación de la disolución, o se refieren a aspectos perceptibles del proceso mostrado ("el ácido es amarillo", "se deshace") que por su ambigüedad son de difícil significado siendo lógicamente este tipo de respuestas mayoritario en EGB, aunque también aparecen en los otros niveles. El resto, dan explicaciones que muestran una falta de conocimiento del proceso de disolución, aunque se utilice este término, pues consideran que se forma una nueva sustancia, idea que supone asociar la formación de una disolución con una reacción química como también ha sido detectado por otros autores (Fernández,

1988), o que la disolución es el disolvente con propiedades del soluto como el color.

La reducción de volumen del sistema alcohol-agua es un proceso más complejo y probablemente desconocido para la mayoría de los alumnos; sin embargo, el conocimiento no exclusivamente memorístico de la naturaleza particular de la materia debe permitir que se acepte este hecho y se formulen hipótesis que lo interpreten. Los resultados muestran que ninguno de estos logros se han alcanzado; así, en todos los niveles, la mayoría de los alumnos no admiten que el volumen resultante sea menor que la suma de los volúmenes iniciales, independientemente del tipo de explicación (Tabla V).

	EGB	BUP	Magisterio
Menor	25.9	31.5	48.3
Igual	45.7	47.6	51.3
Mayor	23.5	4.5	-

Tabla 5. % de respuestas de ítem-7 de la PE1: ¿el volumen del sistema C,  $V_c$ , es mayor, menor o igual que  $V_A + V_B$ ?

La mayor parte de los alumnos que admiten la reducción de volumen no lo justifican o lo hacen aludiendo a pérdidas en el trasvase de los líquidos o pérdidas por las burbujas que aparecen como consecuencia de la agitación. Ambas justificaciones llevan implícita la idea de que el volumen resultante debe ser la suma de los volúmenes iniciales. Esta idea de que el volumen ha de conservarse es la mayoritaria entre los alumnos que responden

igual, aún estando en contradicción con los volúmenes leídos en los ítems-1 y 2 de esta prueba, pues estos muestran que las dos terceras partes de los alumnos leen correctamente los tres volúmenes aunque no acierten las unidades. En muchos casos, esta contradicción es resuelta por los alumnos durante el desarrollo de la prueba sustituyendo el volumen de C inicialmente leído por la suma aritmética de A y B. Por último, dadas las razones que

aparecen entre los alumnos que responden que el volumen resultante es mayor ("el volumen es más grande", "forman mayor contenido", "es mayor que el de C",...) consideramos que se debe a una interpretación incorrecta de lo que se les pregunta.

La anterior creencia también se basa en la similitud de estos resultados con los del ítem precedente, en el que se les planteaba la conservación de la masa, y en la que encontramos que los alumnos que responden que la masa del sistema resultante sería mayor (35,8% en EGB y 4,5% en BUP) lo justifican con respuestas del tipo: "porque al juntarlos el líquido mide más", "porque los pesos se suman", "cada uno tiene su propia masa",... que induce a pensar que están comparando el sistema resultante con uno de los sistemas (agua y/o alcohol) iniciales.

Respecto al principio de conservación de la masa, la mayoría de los alumnos admiten (33,3% en EGB, 63,4% en BUP y 73% en Magisterio), aunque explícitamente, que la masa resultante será menor; hay justificaciones que parecen tener implícito dicho principio ya que se refieren a la reducción de volumen y/o a las pérdidas de líquido en el trasvase de recipientes. En relación con este principio, aunque de forma minoritaria, aparece en el conjunto de las pruebas otra idea de gran importancia que se basa en considerar que el proceso de disolución lleva consigo una pérdida de masa, lo que se refleja en respuestas como "al juntarlos hay menos masa", o en el caso de la PE3, al preguntarles ¿qué vaso tiene más azúcar, A ó C?; ¿por qué? (ítem-3), respondiendo incorrectamente el A, detectándose respuestas del tipo "hay más azúcar porque está menos disuelto".

Otras situaciones planteadas en estas pruebas muestran la deficiente conceptualización del proceso de disolución con que terminan nuestros alumnos. De forma intencionada, la PE3 plantea en su primer ítem una situación ambigua que debería ser precisada por el alumno antes de responder y en el caso que

se interpretase como el volumen del líquido, las condiciones en las que se realizaba no permitían apreciar de forma objetiva una modificación de dicha magnitud. Pues bien, ante la aparente trivialidad de la pregunta, los alumnos respondían sin tener en cuenta las circunstancias expuestas e interpretando que se preguntaba por el volumen del sistema resultante. Este hecho llevó a las respuestas tales como: "el azúcar no es un líquido y el volumen será el mismo", "el azúcar al disolverse no aumenta el volumen", "el volumen sube más porque se echan dos sobres",..., lo que muestra una escasa comprensión del proceso de disolución. De igual modo con el último ítem de esta misma prueba indagamos en cómo los alumnos interpretan el proceso de disolución. La justificación de las respuestas que niegan la posibilidad de separar el azúcar del agua se centra en que "el azúcar está disuelta" o "que el azúcar no se ve" de lo que se desprende que para estos alumnos el proceso de disolución no es reversible; ésto ya ha sido expuesto en el caso de la EGB (Prieto, 1989). Además, un gran número de justificaciones de las respuestas afirmativas se refieren a una técnica inadecuada (filtrando, dejándolo precipitar, ...) o no la precisan (procedimiento químico, sacando el azúcar, ...) lo que nos induce a pensar que sus respuestas son consecuencia de aprendizajes memorísticos mal relacionados.

### 3. Concepto de concentración

Se explora preguntando por él expresamente en los ítems-4 y 5 (PE2) o planteando una situación problemática, ítems-2 y 4 (PE3), en la que, aunque no es necesaria la transferencia de este concepto para su resolución, es de esperar que se utilice si su aprendizaje se ha realizado significativamente. Aunque la elección del sistema correcto en ambas pruebas ha sido mayoritaria, como se refleja en la tabla VI, no es suficiente para concluir que el concepto de concentración haya sido aprendido.

	EGB	BUP	Magisterio
Pírico-alcóhol (PE2. Ítem-4)	66.6	59.9	50.9
Azúcar-agua (PE3. Ítem-4)	61.7	72.2	81.0

Tabla 6. % de alumnos que hacen una elección correcta del sistema, en cuanto a la concentración.

Las explicaciones en la PE2 muestran que sólo un pequeño porcentaje (7,4% en EGB, 12,3% en BUP y 16,2% en Magisterio) relaciona los conceptos de concentración y disolución, a pesar de que el número de alumnos que reconocen la formación de la disolución pícrico-alcohol o la no disolución del azufre es mucho mayor. Podría pues deducirse que para la gran mayoría de los alumnos explorados la concentración no es un concepto exclusivo de las disoluciones. Esta conclusión se ve apoyada al menos por tres hechos: a) el porcentaje de alumnos que consideran que la concentración es igual en ambos sistemas por ser similares las proporciones iniciales de los componentes que se mezclan (1,2% EGB, 10,8% en BUP y 24,3% en Magisterio). Sorprendentemente, esta respuesta es mayoritaria en Magisterio, lo que justifica el menor porcentaje de elección del sistema correcto que se recoge en la tabla anterior para este nivel, a pesar de que como se ha señalado, el 67,5% admiten la disolución del pícrico y el 40,5% la no disolución del azufre; b) Los alumnos que relacionan la concentración con la fase sólida de la mezcla heterogénea, apareciendo en EGB y BUP (17,3% en EGB, 13,8% BUP y 2,7% en Magisterio). Estos consideran la concentración mayor en el caso del sistema azufre-alcohol, con justificaciones del tipo: "el azufre queda más junto", "el ácido sólo se utiliza para colorear", "el azufre no se disuelve", ..., lo que muestra la persistencia del significado vulgar de este término. La superposición del lenguaje científico y vulgar de este término, así como de tantos otros de las ciencias (energía, fuerza, calor, ...) lleva a los alumnos a mantener aquellos que les resultan más operativos (Solomon, 1984); c) Los alumnos que eligiendo la respuesta correcta la justifican estableciendo comparaciones entre ambos sistemas, luego consideran que se puede hablar de concentración en ambos sistemas, aún cuando en uno de ellos no se forma la disolución (22,2% en EGB, 38,5% en BUP y 21,6% en Magisterio), o en base a hechos anecdóticos, irrelevantes o quasi-mágicos tales como "es ácido", "actúa como un imán", ...

Es destacable, por la utilidad práctica que puede tener en algunos casos, la justificación dada sólo por alumnos de EGB a la respuesta correcta (14,8%) en la que relacionan la concentración con la intensidad de color de los sistemas que se comparan.

El escaso significado que este concepto tiene para la muestra estudiada se evidencia aún más cuando se analizan las respuestas al ítem-5 de esta misma prueba (PE2): ¿Qué necesitarías saber para determinar exactamente la concentración?. Prácticamente, sólo se refieren a la cantidad de materia de los dos componentes de forma precisa aproximadamente una cuarta parte de los alumnos de Magisterio, (4,6% BUP y 27% en Magisterio). Expresiones como "lo que se echa de ácido", "la cantidad de ácido", "los grados de alcohol", "la pureza del ácido", "el pH", ..., aparecen en el resto de las categorías establecidas. Dos datos más para concluir con este ítem: el elevado porcentaje de alumnos en BUP y EGB (33,8% y 64,2%, respectivamente) que no responden y el que ni un sólo alumno de la muestra se refiere expresamente a cualquiera de las formas usuales de concentración (gr/l, % peso, Molaridad, ...) como elección previa a la respuesta del ítem.

En la PE3 se formula un mismo ítem (¿Qué vaso sabría más dulce? ¿Por qué?) en dos situaciones diferentes. En la primera, (ítem-2), la única diferencia entre las dos disoluciones azucaradas es la cantidad de soluto y los resultados concuerdan con lo esperado, dada la sencillez del problema planteado, pues la totalidad de los alumnos responden correctamente, aunque la mayoría sólo hacen referencia al soluto para justificar su respuesta. En la segunda situación, (ítem-4), se comparan dos sistemas de igual proporción soluto-disolvente pero con diferentes cantidades de ambos. La existencia de dos variables condiciona el éxito en la respuesta como muestra en otros trabajos (Blanco, 1988), aunque el hecho de que sean proporcionalmente iguales hace que todavía sea mayoritaria la elección correcta, lo que se refleja en la tabla VII:



	EGB	BUP	Magisterio
Igual	61.7	72.2	81.0
El de menor volumen	29.6	20.0	10.8
El de mayor volumen	8.6	6.1	8.1

Tabla 7. % de respuestas de los alumnos al Item-4 de la PE3.

Salvo unos pocos en BUP y algo más en Magisterio (12,3% en BUP y 32,4% en Magisterio) que hablan expresamente de la concentración en sus explicaciones, la justificación mayoritaria, de forma global, se basa en la proporción soluto-disolvente ("un sobre por 200 de agua", "hay doble de agua y de azúcar") lo que muestra que aunque no se formaliza el concepto de concentración se dispone de una base intuitiva.

Entre las justificaciones a las respuestas incorrectas, un porcentaje similar en BUP y Magisterio (10,8%) afirman que la concentración o la relación azúcar-agua es mayor en el recipiente con menor volumen. Para estos alumnos el significado vulgar del término concentrado ("junto") sigue siendo dominante y por lo tanto, consideran que la "concentración" es mayor cuando el volumen del disolvente es menor. Sin usar el término de concentración, los alumnos de EGB también manifiestan esta idea (19,7%) con expresiones como: "hay menos agua", "menor agua, más dulce", ... En los tres niveles, de forma similar (8,6% en EGB, 6,1% en BUP y 8,1% en Magisterio), aparecen alumnos que relacionan el sabor exclusivamente con la cantidad de azúcar echada, eligiendo por tanto el recipiente con mayor volumen.

## Conclusiones

No creemos que sea necesario justificar la importancia de abordar el estudio de las disoluciones en diferentes niveles educativos y tampoco que el grado de diferenciación conceptual que pretendemos que nuestros alumnos alcancen sobre los conceptos implicados sea diferente en cada nivel.

También es evidente que los resultados expuestos no son un fin en sí mismos y que se han de buscar estrategias de aprendizaje que sean consecuentes con las ideas intuitivas que

persisten en los alumnos a pesar de la enseñanza reiterada y con las dificultades que tienen los alumnos para el aprendizaje de los conceptos implicados (Scott, 1987; Needham, 1987). Siendo conscientes de que estas estrategias no pueden generalizarse ni siquiera para un mismo nivel educativo, dada la idiosincrasia de los elementos que concurren en cada aula, tan sólo queremos puntualizar las pautas de actuación que dirigen el diseño de la instrucción que sobre este tema estamos elaborando. Respecto a la identificación de las disoluciones, creemos necesario:

1. Utilizar criterios diversos de clasificación analizando su compatibilidad y utilidad para identificar las disoluciones y diferenciarlas de otros sistemas materiales. Algunos de los criterios utilizados se refieren a:

- El estado de agregación de los componentes iniciales (líquido-líquido, sólido-líquido, gas-líquido, ...)
- El estado de agregación de la fase resultante (líquido, gas, sólido)
- La proporción relativa de los componentes (concentrada y diluida)
- La proporción máxima de los componentes en disolución (saturada, sobresaturada e insaturada).

2. Introducir el concepto de concentración partiendo del de proporcionalidad de los componentes mostrando su utilidad para diferenciar disoluciones de dos o más componentes iguales. La conceptualización de este concepto requiere que el alumno sea consciente de la diferencia entre el significado científico y vulgar, pues lo contrario le lleva a identificar concentración con fase sólida o cantidad de un componente, generalmente el soluto.

Respecto a la *interpretación* del proceso de disolución, creemos necesario:

1. Realizar trabajos experimentales para constatar que el principio de conservación de la masa no es extensible al volumen.

2. Mostrar la necesidad de interpretar el proceso de disolución mediante un modelo particular de la materia, a partir de la explicación de fenómenos que puedan ser constatados experimentalmente como la aparente desaparición del soluto, la reducción del volumen, la difusión, ...

3. Realizar trabajos experimentales que muestran la dependencia de propiedades (densidad, punto ebullición, conductividad, ...) con la concentración justificándola mediante el modelo particular de la materia.

4. Abordar las técnicas de separación como evidencia del carácter reversible del proceso de disolución, analizando aquellas propiedades de los componentes que son diferentes y determinan la técnica adecuada.

#### REFERENCIAS

- BLANCO, A. y SERRANO, T. (1988). *Las ideas de los alumnos en el aprendizaje de las ciencias*. Apuntes IEPS, Narcea S.A.
- BROOK, A. y otros (1985). *Secondary students ideas about particles*. CLIS Centre of Studies in Science and Mathematics Education. University of Leeds. Leeds.
- DRIVER, R. y otros (1985). *Children's Ideas In Science*. Open University Press Milton Keynes. Philadelphia.
- FERNANDEZ, J. M. y otros (1988). Ideas sobre los cambios de estado de agregación y las disoluciones en alumnos del 2º curso de BUP. *Enseñanza de las Ciencias*. Vol. 6, pp. 42-46.
- GARCIA-ESTAN, R. y otros (1988). *El aprendizaje de la Física en EGB. Exploración diagnóstica en Murcia*. ICE. Universidad de Murcia.
- GIORDAN, A. (1985). Interés didáctico de los errores de los alumnos. *Enseñanza de las Ciencias*. Vol. 1, pp. 11-17.
- IZQUIERDO, M. (1987). L'ús del llenguatge en l'aprenentatge de la química. *Enseñanza de las Ciencias*, número extra, pp. 237-238.
- JIMENEZ, A. y otros (1987). Cuestiones cuyo aprendizaje presenta mayor dificultad en la enseñanza de la química. *Enseñanza de las Ciencias*. Número extra, pp. 241-242.
- NEEDHAM, R. and HILL, P. (1987). *Teaching strategies for developing understanding in science*. CLIS Centre for Studies in Science and Mathematics Education. University of Leeds. Leeds.
- PRIETO, T. y otros (1989). Explicaciones de los alumnos de 2ª etapa de EGB sobre el concepto de reversibilidad del proceso de disolución. *Investigación en la Escuela*, nº 7, pp. 79-90.
- SCOTT, P. y otros (1987). *A constructivist view of learning and teaching in science*. CLIS Centre for Studies in Science and Mathematics Education. University of Leeds. Leeds.
- SOLOMON, J. (1983). Learning About Energy: How Pupils Think in two Domains. *European Journal of Science Education*. Vol. 5, pp. 49-59.

---

#### SUMMARY

*In this paper we set out the ideas collected from students about the two concepts of dissolution and concentration which are essential in the study of Chemistry at the different educational level. To find out the ideas that persist after the repeated teaching of these topics, and to analyze the difficulties students meet to establish the appropriate conceptual relationships are the first steps in the development of strategies which takes as a starting point the conceptual frame of the student.*

#### RÉSUMÉ

*Dans cet article nous exposons les idées trouvées chez les élèves à l'égard de deux concepts: "dissolution" et "concentration", tous les deux essentiels, dans les études de Chimie dans de différents niveaux éducatifs. C'est une condition préalable dans le dessin des stratégies pédagogiques, ayant comme point de départ le cadre conceptuel de l'élève, celle de connaître les idées qui persistent chez eux après un enseignement répété de ces principes et celle d'analyser les difficultés d'apréhension qui ont les élèves pour en établir les rapports conceptuels pertinents.*