

El aporte de los obstáculos epistemológicos

Margarita R. Gómez-Moliné¹ y Neus Sanmartí Puig²

Abstract

In this paper we have analyzed the relationship between alternative conceptions and epistemological obstacles and we have shown the need to know them in order to fix learning objectives. In our research we have found that many of the obstacles in secondary students are the same as first year university students.

Introducción

El tema que da origen a este estudio está relacionado con el índice de deserción de los alumnos de las carreras de Química en la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán en la UNAM. A pesar de que el curso de Química General no contempla nuevos temas de estudio, sino una revisión y profundización de los estudios preuniversitarios, es un curso que resulta difícil para un gran número de estudiantes. El índice de reprobación es de alrededor del 50%, en casi todos los grupos, a pesar de que está impartido por diferentes profesores y no se obtienen mejores resultados cuando lo cursan por segunda vez, con lo cual los estudiantes se desaniman y desertan.

La persistencia de este problema es una preocupación de muchas universidades y lo es también la necesidad de entender las causas que lo originan y así poder encontrar metodologías más eficaces para lograr aprendizajes más significativos que permitan disminuir los índices de reprobación y deserción.

Referentes conceptuales

Entre las líneas de investigación educativa destaca la que se orienta al estudio de las concepciones de los alumnos, según la cual los estudiantes construyen sus ideas, sus representaciones de la realidad, a partir de sus propios referentes, su medio ambiente y su "lógica" —cercana al sentido común— que es distinta de la del profesor y de la de la ciencia.

Estos estudios sobre las ideas de los alumnos

surgieron en parte a partir de la teoría de Ausubel (1973), quien mostró la importancia de los conocimientos previos para que el aprendizaje sea significativo y no memorístico. Este campo de investigación creció extraordinariamente, primero hacia las descripción de las explicaciones "espontáneas" y de sus interrelaciones con las propias de la enseñanza escolar. Así, inicialmente, cuando dichas explicaciones no coincidían con las explicaciones del maestro, se calificaban como incorrectas, es decir, errores o equivocaciones del alumno. Pero al profundizar más se advirtió que no eran sólo conocimientos mal aprendidos (pues se estaba evaluando por comparación con una norma y el punto de vista del evaluador), sino que se identificaron formas de razonamiento, modelos personales de la realidad, concepciones en desarrollo y otras expresiones que más adelante se englobaron en las llamadas "concepciones alternativas" (Wandersee *et al.*, 1994). La lista de concepciones alternativas que se han estudiado es muy amplia como lo muestran Duit (1993) y Furió (1999).

En nuestro trabajo, situado en el marco de esta línea de investigación, nos han interesado las aportaciones de la escuela francesa debido a que se centran en el reconocimiento de posibles obstáculos epistemológicos, según la visión de Bachelard (1974) dada a conocer en los años treinta. Para Peterfalvi (1997a) los planteamientos de Bachelard han removido la corriente de las investigaciones sobre las representaciones de los estudiantes dando sentido y coherencia a lo que se ha llamado errores o concepciones alternativas, e introduciendo un aspecto dinámico al pasar de simples listas de errores a un planteamiento sobre su funcionamiento.

La idea de obstáculo guarda relación con las representaciones o concepciones alternativas de los alumnos pero añade nuevos matices. Los obstáculos epistemológicos son formas de pensar arraigadas, antiguas estructuras tanto conceptuales como metodológicas, que pudieron tener en el pasado cierto valor pero que en el momento actual se contraponen al progreso del conocimiento científico. Estos obstáculos pueden reflejar una ideología dominante en una época determinada.

Un ejemplo de tipo histórico, relatado por As-

¹ Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán. Universidad Nacional Autónoma de México.

² Facultad de Ciencias de la Educación. Universidad Autónoma de Barcelona.

tolfi y Peterfalvi (1993) es sumamente ilustrativo:

El biólogo Claude Bernard desde 1856 pudo demostrar que la sangre pierde su oxígeno en presencia de monóxido de carbono. Sin embargo, no consigue integrar y explicar realmente esta idea hasta 1865 cuando se da cuenta de que el color rojo común a la oxihemoglobina y a la carboxihemoglobina le hacía creer que el monóxido de carbono impedía “a la sangre arterial convertirse en venosa”. Lo que resultaba difícil imaginar era precisamente que un compuesto pudiera ser a la vez rojo y pobre de oxígeno. Era más fácil acoplar en una sola idea el rojo con el oxigenado e imaginar la intoxicación como un impedimento para la desoxigenación de la sangre, puesto que seguía siendo roja. Fueron casi diez años los que requirió para que el obstáculo fuera claramente identificado y franqueado.

Para su estudio, los obstáculos pueden considerarse desde varias perspectivas:

Obstáculos del que aprende

El término “obstáculo epistemológico” de Bachelard se ha ido diversificando al aplicarlo en distintos campos. Fillon (1997), que parte de las representaciones y modos de razonar espontáneos, distingue entre:

- Obstáculos relacionados directamente con la percepción. Son la consecuencia directa de la prioridad de los sentidos sobre la conceptualización
- Obstáculos relacionados indirectamente con la percepción. Proviene de una visión de conjunto en la que conceptualización y sensaciones se interrelacionan.
- Obstáculos “lagunas” que provienen de la falta de dominio de ciertos conceptos y que se convierten en obstáculos al construir conceptualizaciones integradoras.
- Obstáculos correspondientes a diferentes formas de relacionar la información que sostienen los razonamientos. Estos obstáculos, generalmente, no corresponden a una sola área del conocimiento. Son transdisciplinarios.

Obstáculos para el que enseña

El concepto de obstáculo no es tan obvio y su manejo presenta dificultades entre los docentes. Un profesor está acostumbrado a revisar el trabajo de sus alumnos teniendo en mente lo que espera que éstos respondan, de acuerdo con lo que él cree que saben. Evalúa lo correcto y lo incorrecto, y no acostumbra

analizar el origen de la respuesta, ni el pensamiento existente detrás de su manifestación oral o escrita, ni sus posibles causas.

Nos encontramos, pues, con que el profesor evalúa y explica desde su “lógica” sin tener en cuenta, en la mayoría de los casos, la “lógica” de los alumnos. Consecuentemente sólo unos pocos estudiantes, los que tienen éxito, “conectan” con las explicaciones del docente. Por ello, una enseñanza que tenga como finalidad conseguir que la mayoría de alumnos aprenda debe basarse en la comprensión de los razonamientos de los estudiantes y de las causas de sus dificultades. Al profesor le corresponde orientar su discurso y las actividades que promueve para conseguir que el alumnado pueda identificar otras formas de “ver” los fenómenos, y de pensar y de hablar sobre ellos más acordes con los de la ciencia actual. Sin embargo, para ello es necesario un cambio profundo en la forma de entender qué es enseñar y, muy especialmente, en la forma de conceptualizar el papel del error en el aprendizaje. Desde esta perspectiva se puede afirmar que enseñar consiste básicamente en ayudar a los alumnos a superar sus errores que son algo totalmente normal y positivo en el proceso de aprender (Astolfi, 1999). Este cambio de perspectiva no es banal.

La intervención didáctica a partir del conocimiento de los obstáculos

La Didáctica de las Ciencias no es una disciplina que pueda prescribir cómo enseñar, debido a que ello es un proceso muy complejo en el que interactúan muchas variables relacionadas con el contenido de lo que se quiere enseñar, con las características de los alumnos y del grupo-clase, con el contexto socio-cultural, con las características del enseñante, etcétera. Pero sí que puede decir qué es lo que no sirve para enseñar (Joshua y Dupin, 1993). En los últimos años se han descrito grandes tipologías de modelos de enseñanza, cada una con sus propios fundamentos epistemológicos, psicológicos y didácticos (Gómez y Sanmartí, 1996).

Los modelos de enseñanza que parten de la identificación de los obstáculos de los estudiantes se sitúan dentro de la perspectiva de los modelos ‘socioconstructivistas’; es decir, de los que consideran que es el propio alumno quien reconstruye sus conocimientos interactuando con los adultos y con los compañeros. Si aprender consiste en superar los obstáculos con los que uno se encuentra mientras se estudian nuevas ideas, estos obstáculos se convierten

en los objetivos de la enseñanza de dichas ideas. Martinand (1986, 1993) fue quien introdujo el concepto de objetivo-obstáculo, diferenciándolo del concepto clásico de objetivo y desde su punto de vista, los verdaderos objetivos de una enseñanza científica no se pueden definir a priori e independientemente de las concepciones de los alumnos, ya que, de hecho, los objetivos consisten en transformaciones intelectuales para la superación de los obstáculos (Astolfi y Peterfalvi, 1997).

Este enfoque, además de renovar el concepto de los objetivos, renueva también el concepto de obstáculo. En lugar de verlo por su lado negativo, examina las condiciones para superarlo y lo convierte en un reto. Esta visión positiva del concepto de obstáculo propone efectuar un diagnóstico para seleccionar aquellos que sean más fáciles de superar y a partir de ellos diseñar y aplicar la estrategia didáctica más adecuada.

Objetivo y metodología de la investigación

El objetivo de este trabajo fue el de identificar obstáculos cognitivos de los alumnos al resolver problemas de química de lápiz y papel, en especial aquellos problemas clásicos en los cursos de química que desde hace muchos años son instrumentos de evaluación, calificación y selección en el área.

El estudio se llevó a cabo a partir del análisis de las respuestas dadas al resolver problemas por 85 estudiantes del primer curso de las carreras de química de diferentes universidades distribuidos tal como se muestra en la figura 1.

Los 85 cuestionarios fueron contestados total o parcialmente por los estudiantes. Esta muestra de alumnos de procedencias diversas y preparación diferente posibilita comprobar si los obstáculos de los alumnos son algo relativamente independiente de los procesos de formación seguidos o de los contextos culturales.

El cuestionario estaba formado por preguntas relacionadas con cada problema, en las que se pedía se incluyeran los razonamientos o justificaciones de las respuestas, así como una comprobación de los resultados. Algunas de las dificultades de los alumnos ante este tipo de problemas y contenidos han sido descritos a nivel de secundaria y bachillerato por autores como Driver *et al.*, (1989), Hierrezuelo y Montero (1989), Llorens (1991), Ramírez (1990) y Perales (2000).

Se seleccionaron aquellos problemas que contenían conceptos considerados básicos para proseguir los estudios en química: Disoluciones, Gases, Calorimetría y Equilibrio Químico. Son temas que, en principio, se piensa deben conocer los estudiantes de primer curso universitario y que no requieren muchos cálculos. Se esperaba que sobre ellos los estudiantes podrían dar respuestas argumentadas y comprobadas.

Se convino con los profesores de los grupos de las instituciones mencionadas y con los alumnos que la prueba tendría duración máxima de una hora, sería voluntaria, individual y anónima. Los resultados serían objetos de un estudio sobre las dificultades de aprendizaje y no se emplearían para la evaluación del estudiante, del curso, ni de la institución. La autora de la investigación fue la que distribuyó los cuestionarios entre los estudiantes en forma alternada, proporcionó las orientaciones en todos los casos y estuvo con los alumnos mientras los respondían.

Los problemas y preguntas, más los comentarios y comprobaciones, formaron un considerable conjunto de datos que se organizaron por medio de redes sistémicas (Bliss, 1983). Se elaboró una red sistémica para cada problema, analizando y organizando las respuestas en función de los ‘obstáculos’ que se consideraron implícitos en las explicaciones y respuestas de los alumnos. Para validar dicha organización se trianguló el análisis, es decir, fue visto como mínimo por otra persona y, en caso de conflicto, una tercera. Posteriormente se compararon entre sí las redes sistémicas analizando las categorías, con la finalidad de encontrar posibles estrategias de razonamiento comunes que explicaran dificultades del alumnado aparentemente distintas.

Resultados obtenidos

De los cuatro temas estudiados presentamos, únicamente, el referente a las disoluciones (problema A). El tipo de enunciado de este problema, en dos

Figura 1.

Procedencia	Carrera	Nivel	Respuestas
U. A. Barcelona	Q	1er año	7
	IQ	1er año	17
U. LaSalle Mexico			
I. Politécnico Nac.	IQ	1er año	36
U. A. Metropolitana	Varias	Proped.	25
Total			85

sub-apartados, obliga al alumno elegir entre varios datos.

Una empresa requiere ácido nítrico para llevar a cabo sus procesos. El ácido que puede conseguir en el mercado tiene las siguientes características: Es una disolución con una concentración 6.72 M y una densidad de 1.2098 g/mL a 25 °C.

Explique en cada caso, detalladamente, los razonamientos que precisa aplicar para obtener la información solicitada, aplíquelos al cálculo requerido y compruebe o demuestre que su resultado es correcto.

La empresa necesita:

Aa) Conocer el peso en toneladas de 1 m³ de dicho ácido, con la finalidad de elegir el depósito adecuado.

Ab) Saber los gramos de ácido nítrico puro que hay en 200 litros de la disolución que se va a comprar.

Análisis de las respuestas de la pregunta Aa

De los 85 cuestionarios entregados se recibieron 77

respuestas (90.6%), los razonamientos y métodos empleados en la resolución se recogen en la red sistémica que se muestra en la figura 2.

Obstáculos detectados

Las respuestas de los grupos ID y 2D son las esperadas. El resto no consigue responder a la pregunta por diferentes tipos de razonamientos y métodos de resolución que ponen de manifiesto algunos de los obstáculos de los estudiantes.

Así, el grupo 3D está formado por las respuestas en las que se confunde la densidad de la disolución con la del ácido puro. A través de los razonamientos expresados se puede inferir que los alumnos no conciben un valor de la densidad para la disolución. Ello podría deberse a que generalmente la densidad se introduce como propiedad característica de las sustancias puras y pocas veces se plantean cálculos de la densidad de las soluciones.

El grupo 4D emplea sin justificación todos los datos proporcionados en el enunciado. Estos estudiantes están acostumbrados a resolver problemas en los que siempre tienen que utilizar todos los datos y no se plantea la posibilidad de que algunos de ellos no fueran necesarios.

Los grupos 5D y 6D se formaron con las respuestas que contenían errores de tipo matemático que impidieron tener resultados congruentes. A menudo resultan de la aplicación de factores de conversión desordenados o mal concatenados, cosa que da lugar a resultados desproporcionados. De acuerdo con Oro y Fernández (1993) consideramos que la excesiva confianza en la efectividad del algoritmo o de la calculadora condiciona que el alumno no cuestione o contraste una solución absurda y, de hecho, el algoritmo se transforma en un obstáculo. La enseñanza basada en algoritmos no conduce, necesariamente, al aprendizaje de los conceptos (Nakhlen y Mitchell, 1993), ya que sólo son útiles si el estudiante es capaz de anticipar adecuadamente las estrategias posibles de resolución del problema y predecir resultados.

Todos estos grupos de estudiantes consideran a la densidad de la solución como el punto de partida para la resolución del problema. Sin embargo, hay otros que centran su atención en la magnitud masa, sin alcanzar la respuesta esperada.

Un grupo considerable (8D, 16%) de las respuestas, repartidas en todos los grupos, confunden la masa del ácido nítrico puro con la masa de la disolución. Los cálculos los basaron en una secuencia de

Figura 2.

Red sistémica 1: MASA DE LA DISOLUCIÓN. Pregunta Aa

		Razonamientos		COD	Respuestas %
Razonamientos centrados en el concepto de	DENSIDAD	Tienen éxito	argumentan que la densidad es una relación entre masa y volumen da la disolución.	1D	24
			aplican sólo algoritmos y factores de conversión sin argumentar.	2D	18
		No tienen éxito	confunden densidad de la disolución con la densidad del ácido nítrico.		6
			emplean todos los datos.	4D	2
			cometen errores en operaciones matemáticas.	5D	8
			mezclan unidades del sistema IS con el inglés	6D	9
	MASA	Tienen éxito	—	7D	No hubo respuestas
		No tienen éxito	confunden masa total con masa de ácido nítrico	8D	16
			incluyen la gravedad	9D	2
	Respuestas no codificadas				NS

operaciones derivadas del algoritmo: $\text{masa} = V \times M \times MM$. Para estos alumnos los conceptos de “disolución de un ácido”, “ácido” y “ácido puro” son considerados como sinónimos. De hecho denotan que no han construido adecuadamente el concepto de disolución y no se representan el proceso ni los conceptos relacionados con él (solute, disolvente, concentración, etcétera, tal como se ha puesto de manifiesto en otros estudios (Pozo y Gómez, 1998).

El subgrupo pequeño, 9D (2.6 %), transforma el valor de la masa en ‘peso’. La pregunta fue formulada empleando la palabra ‘peso’ y estos estudiantes no se situaron en el contexto químico. No reconocieron que en el contexto del problema, en el lenguaje coloquial y en el laboratorio, el peso y la masa se emplean como sinónimos.

Análisis de las respuestas a la pregunta Ab

Como en el caso anterior se presentaron 85 cuestionarios. El número de respuestas disminuyó (82 %), debido probablemente a un mayor grado de dificultad del problema, ya que debían interpretarse los conceptos de molaridad y masa molar del ácido nítrico. Las respuestas se recogieron en la red sistémica 2 (figura 3).

Como en el caso anterior, los estudiantes partieron o de la densidad o de la masa para iniciar su proceso de resolución. La respuesta experta a la pregunta formulada parte habitualmente de la masa, pero algunos alumnos se centran en la densidad y consiguen resolver bien el problema. Es el caso del grupo 1E en el que, por ejemplo, un alumno se basa en el concepto de pureza, que calcula primero a partir de la densidad y la concentración, y la relaciona con la masa total de los 200 L de disolución.

El grupo 2E, que es un grupo importante (20%), también centra el razonamiento y los cálculos en la densidad, pero emplean el mismo algoritmo $\rho = m/v$ que evidentemente no les conduce a una buena solución. El obstáculo más importante que ponen de manifiesto es la confusión entre densidad y concentración y, otros, como en la pregunta Aa, consideran la densidad de la disolución igual a la densidad del HNO_3 .

Los grupos 3E y 6E reúnen a los alumnos que tienen dificultades matemáticas en el momento de efectuar los cálculos, aunque en cada caso parten de razonamientos distintos.

El grupo 4E (31%) está formado por los alumnos que resuelven el problema partiendo de la masa y argumentando el proceso seguido. En cambio, el

grupo 5E (5%) lo resuelve utilizando sólo algoritmos, sin argumentación.

El grupo 7E reúne respuestas en las que consideran que la determinación la masa del ácido puro sólo depende de una variable (la concentración o la masa molecular) en lugar de considerar que las dos intervienen en el cálculo.

Razonamientos paralelos aplicados al responder las preguntas Aa y Ab

Nos interesó estudiar si los estudiantes utilizaban razonamientos que nos mostraran algún tipo de coherencia entre las respuestas dadas a las dos preguntas, ya que según Astolfi y Peterfalvi (1993) “Diversas representaciones, sobre nociones sin una aparente relación, pueden efectivamente aparecer, mediante el análisis, como puntos de emergencia de un mismo obstáculo”, y según Vergnaud (1990). “Un concepto no adquiere su plena significación en un solo tipo de situaciones y una situación no puede analizarse con un solo concepto”.

Al comparar las preguntas Aa y Ab podemos constatar que las dos se refieren a la masa de una disolución, aunque tienen finalidades distintas. Una se refiere al peso total de 1 m³ de disolución; la otra, a

Figura 3. Red sistémica 2: MASA DE ÁCIDO NÍTRICO. Pregunta Ab

Razonamientos			COD	Respuestas %	
Razonamientos centrados en el concepto de	DENSIDAD	Tienen éxito	Calculan primero el porcentaje de pureza de la disolución.	1E	4
		No tienen éxito	Confunden densidad con concentración.	2E	20
			Cometen errores en operaciones matemáticas.	3E	5
	MASA	Tienen éxito	Argumentan que conociendo el volumen y la concentración obtienen moles y con la MM pasan a gramos.	4E	31
			Emplean algoritmos solamente.	5E	5
		No tienen éxito	Cometen errores en operaciones matemáticas o no las concluyen.	6E	9
			Consideran solamente una de las dos variables que permiten calcular la masa.	7E	4
	Respuestas no codificadas			NS	6

la masa del soluto, ácido nítrico puro, en 200 L de disolución. La redacción de las preguntas lo explicita. Sin embargo, observando las respuestas se comprueba cómo muchos alumnos utilizan los conceptos de densidad y concentración (molaridad) de forma análoga en los dos casos, aplicando el mismo razonamiento y algoritmos, independientemente del tipo de problema.

Para profundizar en esta similitud, se seleccionaron las respuestas que tuvieran resueltas ambas preguntas con razonamientos explícitos y ‘lógicos’ desde el punto de vista del alumnado. Se obtuvo un grupo de 43 respuestas que clasificamos de acuerdo con los razonamientos empleados, dependiendo de que usaran los conceptos de densidad o de masa en ambas preguntas o uno para cada pregunta (figura 4).

Interesa destacar que excepto en el grupo propedéutico, en el que solamente hay tres respuestas, en el resto se da una elevada proporción de estudiantes que aplican razonamientos que muestran lo que desde nuestro punto de vista podríamos considerar obstáculos.

En el primer grupo (28% de la muestra), los cálculos están basados en la densidad, es decir, la relación masa/volumen. Esta relación les permite calcular “la masa”, que es lo solicitado para ambas preguntas. El razonamiento y/o algoritmo es aplicado en ambos casos sin discriminar de qué “masa” se trata (obstáculo 1, figura 5), y sin reflexionar si el valor de la densidad dada en el enunciado permitirá calcular, directamente, la masa del ácido nítrico (obstáculo 3, figura 5).

Los estudiantes de este grupo presentan dificultades (‘chocan con un obstáculo’) para aplicar adecuadamente el concepto de densidad ya que no han

comprendido su especificidad (obstáculo 4, figura 5). No conciben que densidad y concentración sean dos conceptos diferentes (obstáculo 2, figura 5) aunque la densidad pueda estar relacionada con la concentración en forma directa en disoluciones como las del ácido nítrico o en forma inversa en disoluciones como las de alcohol o amoníaco. No distinguen que la densidad se refiere a la relación entre la masa de cualquier ‘material’, sea puro o no, y el volumen que ocupa, mientras que la concentración es también una relación, pero siempre entre la cantidad de una sustancia pura disuelta y el volumen total que ocupa la disolución.

El grupo siguiente (16%), por el contrario, da preferencia al cálculo de la masa a partir de la concentración (molaridad, en este caso). En este caso, que se da sólo entre los estudiantes de un centro, aplican razonamientos propios del algoritmo “ $m = V \times M \times MM$ ”, sin distinguir entre la masa de ácido nítrico puro y la masa de la disolución de ácido nítrico (obstáculo 1, figura 5).

En el tercer grupo (14%), los estudiantes razonan de forma cruzada, es decir, parten de aplicar los conceptos de densidad y de masa invirtiendo los razonamientos. De nuevo se pone de manifiesto la confusión entre ‘disolución ácida’, ‘ácido’ y ‘ácido nítrico puro’ (obstáculo 5, figura 5). Es evidente que aun cuando el profesor ‘hable’ en el aula acerca de estos conceptos apropiadamente, el alumnado no se los representa y, es más, no los tiene claramente diferenciados. Y muy especialmente que distinguir entre los conceptos de densidad y de concentración es algo mucho más complejo para los alumnos de lo que los profesores percibimos.

El cuarto grupo (42% sobre este conjunto y 21%

Figura 4. Relaciones entre los razonamientos aplicados a las preguntas Aa y Ab.

Grupo y número de alumnos/número de alumnos totales	B 4/7	L 14/17	P 22/36	M 3/25	Total 43/85	%
Razonamiento						
Aplican el concepto de densidad análogamente para las dos preguntas.	1	8	3	0	12	28
Aplican el concepto de molaridad análogamente para las dos preguntas.	0	0	7	0	7	16
Intercambian los conceptos correspondientes a cada problema.	2	3	1	0	6	14
Aplican adecuadamente los conceptos en cada problema.	1	3	11	3	18	42

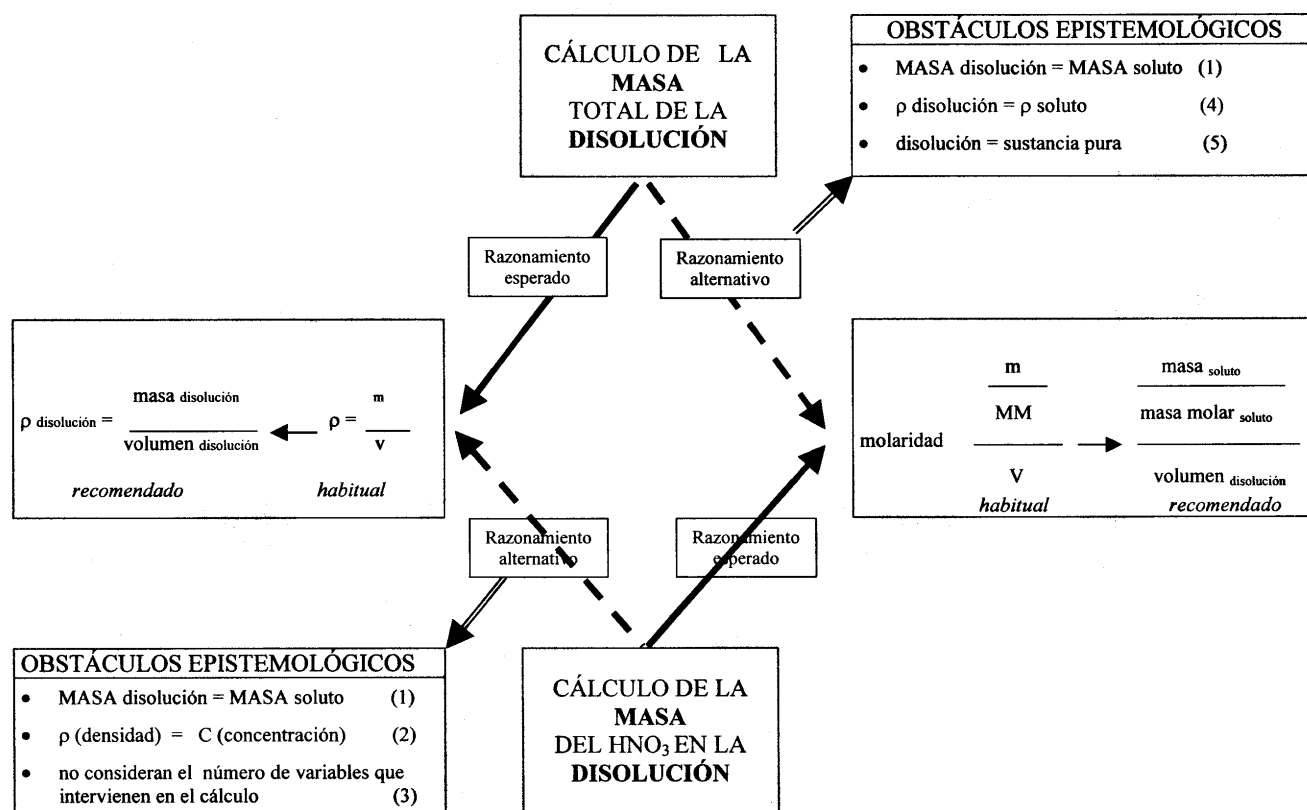


Figura 5. Uso de un mismo razonamiento para problemas diferentes.

sobre el total de alumnos de la muestra) está compuesto por aquellos alumnos que explicitan sus razonamientos o aplican los algoritmos esperados.

En la figura 5 se sintetizan los distintos razonamientos y obstáculos epistemológicos que subyacen en las respuestas de los alumnos.

Conclusiones sobre la investigación

El presente estudio ha permitido reflexionar acerca de la importancia de considerar los 'errores' de los alumnos como obstáculos epistemológicos que les impiden progresar en la resolución de problemas de química y de verlos no como algo negativo en el pensamiento del alumnado, sino como punto de partida para la enseñanza, ya que de hecho enseñar es ayudar a los estudiantes a superarlos.

Hemos observado que conceptos básicos para la Química, como son los de densidad, concentración, cantidad de materia, han sido parcialmente comprendidos y aplicados con dificultad. Este hecho, que ya es algo conocido por cualquier profesor experto,

cuando se analiza desde la perspectiva de 'obstáculo' conlleva identificar con qué 'lógica' los estudiantes cometen los errores, su grado de 'coherencia' y posibles razones de sus dificultades, y posibilita orientar las clases desde nuevas perspectivas. Si se toman en cuenta estos nuevos conocimientos, los procesos de enseñanza que se puedan diseñar y aplicar no deberían estar orientados sólo a dar a conocer a los alumnos cómo se define un concepto o cómo resolver un determinado tipo de problemas, sino a darles 'herramientas' que les ayuden a comprender por qué tienen determinadas dificultades-obstáculos que les impiden asimilar estos nuevos conocimientos adecuadamente.

En este trabajo hemos mostrado especialmente el obstáculo que representa para el progreso de los estudiantes la confusión entre los conceptos de densidad y de concentración. Son conceptos que en estos niveles de enseñanza se suponen bien conocidos y diferenciados pero que, al no estarlo, actúan como condicionadores de buena parte de aprendizajes pos-

teriores en el campo de la química. Por lo tanto, es conveniente asegurar que los alumnos puedan aplicarlos correctamente.

Las causas de estas dificultades pueden ser múltiples. En este escrito nos interesaría destacar las que pueden provenir de los propios procesos de enseñanza. Como hemos indicado, se acostumbra introducir la densidad como una propiedad característica de las sustancias puras y no se enseña a aplicar dicho concepto a la descripción de las mezclas. Por otro lado, el concepto de ‘concentración’ pocas veces se trabaja en profundidad, ya que se considera casi de ‘sentido común’, y mucho menos se enseña a los alumnos a diferenciarlo del de densidad. Seguramente tendríamos que plantearnos qué momento del proceso de aprendizaje de las ciencias sería el más apropiado para favorecer una buena construcción de dichos conceptos por parte de los estudiantes, que posibilitara a su vez un mayor éxito en el aprendizaje de otros contenidos, como es el caso de la resolución de problemas como el que aquí se ha analizado.

En este estudio, también se han puesto de manifiesto dificultades en el uso del lenguaje científico, en cálculo matemático, y en actitudes y hábitos de estudio, aspectos en los que no hemos profundizado en este escrito.

Paralelamente también hemos podido constatar cómo algunos estudiantes encuentran caminos de su propia creación para resolver problemas, a menudo más largos pero coherentes, y razonan utilizando analogías creativas. Ello es interesante, porque muestra que con una buena comprensión de aquello que se pregunta se es capaz de escoger estrategias desconocidas para dar respuesta al problema planteado, por lo que seguramente es más provechoso para el estudiante aprender a representarse bien las tareas, que no a mecanizar algoritmos.

El conocimiento de los obstáculos implica reconsiderar la función del docente y de sus objetivos de enseñanza, y abre un campo de investigación sobre los medios que podemos crear para promover su regulación y superación. En esta línea, la informática puede aportar herramientas que permitan al alumno explorar sus propios obstáculos (Gabel, 1999). Este aspecto es muy importante porque, según Moore (1999) el reto que se plantea al estudiante es su responsabilidad frente al aprendizaje; es decir, el desafío de todo proceso de enseñanza es el de conseguir que sea el propio alumno quien llegue a identificar sus obstáculos. ▣

Bibliografía

- Astolfi, J.P. El “error” como medio para pensar. Sevilla: Diada. 1999.
- Astolfi, J.P. y Peterfalvi, B. Obstacles et construction des situations didactiques en sciences experimentales. *Aster* 16, pp. 103-141. 1993.
- Astolfi, J.P. y Peterfalvi, B. Stratégies de travail des obstacles: Dispositifs et ressorts. *Aster*, 25, pp. 193-216. 1997.
- Ausubel, D., Novack, J. y Hanesian, H. *Educational Psychology: A cognitive View*, 2ª ed. Nueva York: Holt, Reinhart y Winston. 1973.
- Bachelard, G. *La formación del espíritu científico* (1938), 3ª edición. Argentina. Siglo XX. 1974
- Bliss, J., Monk, M., y Ogborn, J., *Qualitative Data Analysis for Educational Research*. Australia: Croom Helm. 1983.
- Driver, R., Guesne, E. & Tiberghien, A. *Ideas científicas de la infancia y la adolescencia*. Madrid: Morata. 1989.
- Duit, R. & Treagust, D. Learning in science. From behaviourism towards social constructivism and beyond. En: B. Frazer and K. Tobin (eds.) *International handbook of science education*. Dordrecht: Kluwer. 1998.
- Fillon, P. Les élèves dans un labyrinthe d’obstacles. *Aster*, 25, pp. 113-142. 1997.
- Furió, C. Las concepciones alternativas del alumnado en ciencias: dos décadas de investigación. Resultados y tendencias. *Alambique*, 7 pp. 7-17. 1999.
- Gabel, D. Improving Teaching and Learning through Chemistry Education Research: A Look to the Future. *Journal of Chemical Education*, 76 (4) pp. 548-554. 1999.
- Gómez-Moliné, R.M. y Sanmartí, N. La didáctica de las ciencias: una necesidad. *Educación Química*, 7, (3) pp.156-168. 1996.
- Hierrezuelo, J. y Montero, A. *La ciencia de los alumnos*, Barcelona: Ed. Laia/MEC. 1989.
- Joshua, S. y Dupin, J.J. *Introduction a la didactique des sciences et des mathematiques*. Paris: PUF. 1993.
- Llorens, J.A. *Comenzando a aprender Química*. Madrid: Aprendizaje. Visor. 1999.
- Moore, J.W., Learning is a Do-it-Yourself Activity. *Journal of Chemical Education*, 76, (6), pp. 725. 1999.
- Nakhlen, M.B. y Mitchell R.C. Concept learning versus Problem Solving. *Journal of Chemical Education*, 70, (3), p. 190-192. 1993.
- Oro, J. y Fernández, C. Dificultades de los alumnos de 2º BUP en la resolución de problemas de disoluciones en Química. Master en Didáctica de las Ciencias UAB. No publicado. 1993.
- Perales, F.J. La resolución de problemas: Una revisión estructurada. Diada. 2000.
- Peterfalvi, B. Les obstacles et leur prise en compte didactique. *Aster*, 24, pp. 3-11.1997.
- Pozo, J.I. y Gómez Crespo, M.A. Aprender y enseñar ciencias. Morata. 1998.
- Ramírez Castro J.L. La resolución de problemas de Física y Química como investigación de la Enseñanza Media: Un instrumento de Cambio Metodológico, Tesis Doctoral UAB. 1990.
- Vergnaud, G., La théorie des champs conceptuels. *Recherches en Didactique des Mathematiques*, 10, (2.3), pp. 133-170. 1990.
- Wandersee, J.H., Mintzes, J.J., Novak, J.D. Research on alternative conceptions in Science. En Gabel, D. editor *Handbook of Research on Science Teaching*. NY: McMillan Pub. pp.177-197. 1994.