

Disoluciones: ¿Contribuye la experimentación a un aprendizaje significativo?

Leonor Landau, Gastón Ricchi y Noemí Torres*

ABSTRACT (Solutions: Does experimentation contributes to meaningful learning?)

We present a didactic strategy designed in order to investigate if the achievement of a simple laboratory practice, next to the daily reality of the pupil, might help to diminish the difficulties presented by pupils of a first university course of chemistry in the comprehension of the concepts associated with the topic solutions, like composition, density and concentration of a solution. Experimentation helped students differentiate between density and concentration and consistently solve problematic situations. It happens that some students consider a solution as a new substance. This deeply rooted idea that prevails even after experimentation in the laboratory is constituted as a real domain theory, because students have built a consistent reasoning between the observed macroscopic vision and the studied characteristics of substances. This theory of domain recognizes at least three implicit assumptions of epistemological, ontological and conceptual origin. The results of the research allow us to conclude that the achievement of meaningful learning requires not only practice in the laboratory, but a simultaneous work of training, experimentation and metacognition.

KEYWORDS: density, solutions, experimentation, alternative conceptions, meaningful learning

Resumen

Se presenta una estrategia didáctica diseñada con el objeto de indagar si la realización de una práctica de laboratorio sencilla, próxima a la realidad cotidiana del alumno, podría contribuir a disminuir las dificultades que presentan alumnos de un primer curso universitario de química en la comprensión de los conceptos asociados al tema disoluciones, como composición, densidad y concentración de una disolución. La experimentación contribuyó a que los alumnos pudieran diferenciar la densidad de la concentración de una disolución y consecuentemente resolver situaciones problemáticas. Se verifica que algunos alumnos consideran una disolución como una nueva sustancia. Esta idea arraigada que prevalece aún luego de la experimentación en el laboratorio se constituye como una verdadera teoría de dominio pues los alumnos han construido un razonamiento coherente entre la visión macroscópica observada y las características estudiadas de las sustancias. En esta teoría de dominio se reconocen al menos tres supuestos implícitos de origen epistemológico, ontológico y conceptual. Los resultados de la investigación permiten concluir que para lograr un aprendizaje significativo se requiere no solo de la práctica en el laboratorio sino de un trabajo simultáneo de ejercitación, experimentación y metacognición.

Palabras clave: densidad, disolución, experimentación, concepciones alternativas, aprendizaje significativo

Introducción

En el desarrollo de nuestro trabajo como docentes de un primer curso universitario de química al que asisten alumnos de diferentes carreras, detectamos que ellos presentan dificultades para la comprensión de los conceptos asociados al tema “disoluciones”. Otros autores ya han planteado esta proble-

mática y han sugerido diferentes estrategias metodológicas para resolverla (Valdéz *et al.*, 1998; Cervellini *et al.*, 2006).

Los conceptos más elementales como densidad, concentración, masa de soluto y de disolución no son siempre comprendidos ya que muchos estudiantes no pueden resolver una situación problemática concreta (Gómez-Moliné y Sanmartí Puig, 2002), especialmente si no se realizan trabajos experimentales relacionados al tema, como es el caso en el dictado de nuestro curso debido a su matrícula muy elevada, que actualmente promedia unos 10000 alumnos por cuatrimestre. No obstante se ofrece a los estudiantes la posibilidad de asistir con carácter optativo a un taller elemental de laboratorio que funciona con un cupo limitado al 3% de los

* Universidad de Buenos Aires, Ciclo Básico Común, Departamento de Ciencias Exactas, Cátedra de Química. Ramos Mejía 841, C.A.B.A. (1405) Argentina.

Correo electrónico: ntorres_51@hotmail.com

Fecha de recepción: 20 de octubre de 2012.

Fecha de aceptación: 5 de marzo de 2013.

Cuadro 1. Secuencia metodológica.

Secuencia	Actividad
1	Encuesta previa (para definir el perfil de los alumnos).
2	Pre-test (escrito, 4 problemas de opción múltiple y 1 de resolución numérica).
3	Estrategia experimental (trabajo práctico de laboratorio).
4	Post-test (escrito, 4 problemas de opción múltiple y 2 de resolución numérica).
5	Entrevista personal.
6	Triangulación entre resultados provenientes de los diferentes instrumentos.

alumnos. Aprovechamos esta situación para aplicar una estrategia experimental sencilla, próxima a la realidad cotidiana del alumno, con el objeto de indagar en qué medida contribuye su realización a un aprendizaje significativo. Mediante los procedimientos involucrados en la preparación de diferentes disoluciones se espera que los alumnos puedan diferenciar entre soluto y solvente, y reconocer conceptos tales como disolución, densidad de la misma y su variación con la concentración, para aplicarlos en la resolución de situaciones problemáticas evitando el uso aleatorio de algoritmos (Angelini *et al.*, 2001) y lograr así que los resultados cobren significado.

En esta investigación la estrategia didáctica desarrollada para medir el éxito de la implementación de la experiencia de laboratorio, nos permitiría eventualmente detectar otras dificultades y aun reconocer nuevas regularidades conceptuales erróneas o “teorías de dominio”, auténticas concepciones alternativas según Pozo y Gómez (1998, p. 106), y los supuestos subyacentes a ellas. Las teorías de dominio se infieren a partir de las respuestas de los alumnos, como una estructura conceptual, es decir una o más relaciones entre conceptos pertenecientes a un dominio dado. Mientras que algunas de las respuestas erróneas de los alumnos tienen un carácter contextual o situacional, otras, por su mayor funcionalidad y/o por su uso reiterado en contextos diferentes, tienen carácter estructural. Estas teorías de dominio son menos accesibles tanto para el investigador como para los propios procesos de explicitación que realiza el sujeto. Para intentar explicitar estas teorías es indispensable el uso de diferentes instrumentos de investigación, pues se busca identificar las relaciones conceptuales que establecen internamente los alumnos. La utilización de distintos instrumentos permitiría validar las conclusiones obtenidas en el proceso de triangulación de los resultados surgidos de cada uno de ellos.

Las teorías de dominio se originarían a partir de una serie de supuestos implícitos que constituirían una teoría-marco según Vosniadou (1994) o una teoría implícita según Pozo y Gómez (1998, p. 105). Estos supuestos serían de carácter epistemológico según Vosniadou (1994), ontológico según Chi, Slotta y de Leeuw (1994) y conceptuales según Pozo y Gómez (1998, p. 109).

El conocimiento de las teorías de dominio proporciona-

ría las herramientas necesarias para el desarrollo de estrategias didácticas dirigidas a inducir el cambio conceptual entendido por Pozo y Gómez como una reestructuración de las estructuras conceptuales.

Metodología

La muestra que participó de la experiencia didáctica realizada se compuso inicialmente de 72 alumnos de tres turnos del taller de laboratorio, pero solo 46 de ellos completaron todas las etapas de la investigación. La baja sufrida es comparable a la deserción que se produce habitualmente durante el curso de la materia mencionada luego del primer examen parcial. Posteriormente se realizaron 33 entrevistas.

En el Cuadro 1 se resume la secuencia de etapas seguidas en la investigación. El primer paso en nuestra investigación fue determinar el perfil de los alumnos que participaron de esta experiencia didáctica mediante una encuesta previa, anónima, en la que se interrogó al alumno acerca de su experiencia previa en el laboratorio, expectativas, hábitos de estudio y conocimientos previos en el tema.

Luego se aplicó un test escrito (Anexo 1) (*pre-test*) para evaluar los conceptos más relevantes en el tema en los ítems de opción múltiple 1 a 4 y la aplicación de ellos en la resolución de dos problemas numéricos (ítem 5, temas A y B) de similar dificultad a los desarrollados durante el curso. Los distractores en los problemas de opción múltiple responden a errores comunes encontrados a lo largo de nuestra práctica docente. Durante su aplicación se informó que cada ítem podía tener más de una respuesta correcta y se proporcionó la definición de diferentes expresiones de concentración por no ser ésta el objeto de la presente evaluación.

La *estrategia experimental* fue diseñada para obtener la información empírica necesaria para estimar la densidad de distintas disoluciones y analizar la influencia de la concentración en dicha propiedad. Durante su desarrollo los alumnos prepararon en matraces de 100 mL varias disoluciones acuosas de cloruro de sodio de diferentes concentraciones, para lo cual previamente calcularon y pesaron las cantidades necesarias de soluto. Las disoluciones preparadas fueron pesadas con los matraces previamente tarados, para que finalmente los alumnos calcularan la densidad de cada una de ellas. Se analizaron los resultados obtenidos en forma grupal y se compararon con valores de tablas.

Para determinar si hubo mejoras en la comprensión del tema se aplicó un test escrito dos semanas después de la experimentación (*post-test*), que consta de los mismos problemas del pre-test con el agregado de un ítem (ítem 6 - Anexo 1) que se vincula directamente con la experiencia realizada. Tanto el pre-test como el post-test no fueron anónimos.

Durante el transcurso de las restantes clases del taller realizamos *entrevistas* con cada uno de los alumnos participantes para indagar acerca de las dificultades encontradas, así como sobre su percepción con respecto a la superación de las mismas. El esquema utilizado en las entrevistas se presenta en el Anexo 2.

Para finalizar, realizamos una *triangulación* con los

Cuadro 2. Perfil de los alumnos.*

Edad: 18,3 años (promedio)	
1.- En la escuela secundaria realizó experiencias de laboratorio:	
a) Sí, muchas;	14%
b) Sí, pocas;	51%
c) No.	34%
2.- ¿Cuáles son las expectativas que tiene de este taller?:	
a) Aprender a manejar en un laboratorio.	75%
b) Aprender a usar el material de laboratorio.	51%
c) Que me sirva para aprobar química.	18%
d) Para conocer y aplicar las normas de seguridad.	10%
3.- ¿Por qué eligió su carrera universitaria?:	
a) Me gusta.	96%
b) Por la salida laboral.	14%
c) Tradición familiar.	0%
d) Otro motivo.	5%
4.- ¿Cómo se prepara para la clase de laboratorio?:	
a) Leo la guía de trabajos prácticos.	84%
b) Me entero en clase lo que vamos a hacer.	10%
c) Hago un resumen de la guía y contesto los cuestionarios.	7%
d) No me preparo.	0%
5.- ¿Estudió el tema de disoluciones en la escuela media?:	
a) Sí, en detalle.	10%
b) Sí, superficialmente.	49%
c) No.	33%
d) No recuerda.	8%

* La suma de los porcentajes generales puede superar el 100% debido a que los alumnos tenían la posibilidad de seleccionar más de una respuesta como correcta.

resultados del pre-test, del post-test y de las entrevistas personales con el fin de validar las conclusiones obtenidas.

Resultados

Encuesta previa

Los resultados de esta encuesta se muestran en el Cuadro 2. Se observa que la edad promedio de los alumnos fue de 18,3 años, la mayoría de ellos realizaron pocas o ninguna experiencia de laboratorio en la escuela media, eligieron su carrera universitaria por gusto personal y manifestaron leer la guía de trabajos prácticos antes de asistir al taller como un hábito para dicha actividad. Asimismo la mayoría de los alumnos declararon no haber visto en profundidad el tema disoluciones en la escuela media, ni estudiado el tema o no recordar nada del mismo. Estos datos fueron corroborados por las entrevistas posteriores.

Respuestas al test: Ítems de opción múltiple¹

A continuación se presentan los resultados (en % de respuestas correctas) para cada una de las preguntas de opción múltiple y la variación entre el pre-test y el post-test, con signo positivo (+) cuando se observa un aumento en la cantidad de respuestas y negativo (-) en caso de una disminución de las mismas (cuadros 3, 4, 5 y 6).

¹ Las respuestas corresponden solo a los 46 alumnos que terminaron la experiencia. La suma de los porcentajes puede superar el 100% debido a que los alumnos tenían posibilidades de seleccionar más de una respuesta como correcta. En cursiva se marcan las respuestas correctas.

Cuadro 3.

1.- Una disolución es:	Pre-test	Post-test	Variación
a) Una mezcla que siempre se encuentra en estado líquido.	7%	2%	-5%
b) Una mezcla homogénea de al menos dos sustancias puras.	46%	48%	+2%
c) Una sustancia nueva con propiedades distintas a las de las sustancias puras que se mezclaron.	17%	24%	+7%
d) Un sistema homogéneo en el cual no se puede distinguir el soluto del solvente.	59%	61%	+2%
<i>Correctas (alumnos que marcan b y d simultáneamente).</i>	7%	11%	+4%

El análisis del cuadro 3 indica que aunque hay pocos cambios entre los porcentajes de respuestas de ambos test, llama la atención que el aumento de la respuesta con relación a la formación de una nueva sustancia, (opción c), cuando esperábamos que ésta disminuyera. Este resultado se vincula con la dificultad de los alumnos, detectada también en las entrevistas y en otros temas, para reconocer los distintos niveles de organización de la materia, en este caso sustancia y mezcla, y las propiedades específicas de cada uno de ellos. Pensamos que un posible origen de esta dificultad reside en los supuestos ontológicos subyacentes a los sistemas (átomos, moléculas, sustancia, mezcla), considerándolos como objetos y/o procesos en correspondencia con los niveles macroscópico y submicroscópico (Chi *et al.*, 1994). En el estudio de cada uno de los niveles de organización de la materia en un nivel introductorio de la química, se acentúan más las características de los sistemas como objeto que las del proceso complejo de partículas en interacción (Pozo y Gómez, 1998), y una consecuencia de ello sería que los alumnos carecen de la representación submicroscópica de los diferentes sistemas (Monteserín *et al.*, 2011).

Una interpretación sugerida por Gómez-Moliné y Sanmartí (2002) es que el concepto de densidad se suele introducir como una *propiedad característica de las sustancias* de forma tal que los alumnos no pueden vincularla con una propiedad de la disolución. En tal caso pensamos que esta proposición actuaría como una representación interna a la que los alumnos recurren cada vez que lo requiere el tema (Greca y Moreira 1996).

Análisis del cuadro 4: Aunque no se detecta un incremento importante en la respuesta correcta, es necesario aclarar que la opción (c) admite una doble interpretación ya sea como el valor medio entre ambas densidades o bien como un valor comprendido entre ellas, como se comprobó en las entrevistas personales. Por tanto la opción (c) debe considerarse correcta. Esta mejora sumada a la disminución en las respuestas de la opción (d) y (a) pueden adjudicarse a la realización de la experiencia de laboratorio.

Análisis del cuadro 5: La opción (e) es la más elegida pues es la más utilizada en las explicaciones y en la bibliografía de la disciplina (Brown *et al.*, 1998; Chang, 2007;

Cuadro 4.

2.- La densidad de una disolución diluida tiene un valor:	Pre-test	Post-test	Variación
a) Muy cercano a la densidad del soluto puro.	4%	0%	-4%
b) Muy cercano a la densidad del solvente puro.	48%	50%	+2%
c) Intermedio entre las densidades de soluto y solvente dependiendo del tipo de soluto.	20%	33%	+13%
d) Ninguna de las anteriores.	33%	13%	-20%

Cuadro 5.

3.- La densidad de una disolución se puede calcular como:	Pre-test	Post-test	Variación
a) $(\text{Masa de soluto} + \text{masa de solvente}) / \text{Volumen de disolución}$.	48%	50%	+2%
b) $\text{Masa de soluto} / \text{Volumen de disolución}$.	2%	4%	+2%
c) $(\text{Masa de soluto} + \text{masa de solvente}) / (\text{Volumen de solvente} + \text{volumen de soluto})$	22%	22%	+0%
d) $\text{Masa de disolución} / \text{Volumen de solvente}$.	0%	2%	+2%
e) $\text{Masa de disolución} / \text{Volumen de disolución}$.	87%	91%	+4%
Correctas (marcan a y e simultáneamente).	28%	35%	+7%

Timberlake, 2012). Pocos alumnos reconocen la equivalencia de las definiciones dadas en los ítems (a) y (e). Este error también se corroboró en la resolución del problema numérico y en la entrevista personal donde los alumnos solo reconocieron la opción a) como correcta luego de varias deducciones. La falta de reflexión puede asignarse a una fijación funcional a la fórmula o algoritmo más conocido.

La opción (c) fue escogida por el 22% de los alumnos tanto en el pre-test como en el post-test a pesar de que no se indicó explícitamente que se consideraran volúmenes aditivos, expresión que se podría aceptar como válida en algún caso al formar una disolución con soluto y solvente líquidos. Además se realizó una demostración experimental en la que se verificó que este supuesto no es válido en la mayoría de los casos (poniendo como ejemplo la mezcla etanol - agua). Este resultado puede interpretarse como una fijación al supuesto de aditividad de volúmenes sugerido para la resolución de problemas en el caso de disoluciones acuosas diluidas. Dicha proposición sería utilizada por los alumnos sin reflexión adicional alguna.

Análisis del cuadro 6: Aumentan notablemente la cantidad de respuestas correctas (opción (d), cuadro 6) situación relacionada directamente con la disminución en las respuestas a las opciones (a) y (e). Este resultado puede atribuirse a la experiencia realizada por los alumnos en el laboratorio cum-

Cuadro 6.

4.- ¿Cuál es la relación entre densidad y concentración de una disolución de NaCl?:	Pre-test	Post-Test	Variación
a) Cuando aumenta la concentración disminuye la densidad de la disolución.	9%	4%	-5%
b) La densidad de la disolución de NaCl es constante a P y T, y permite identificarla en esas condiciones.	11%	13%	+2%
c) La densidad de disolución es la concentración de la misma dado que sus unidades son iguales.	2%	2%	+0%
d) Cuando aumenta la concentración aumenta la densidad de la disolución.	59%	85%	+26%
e) No existe ninguna relación entre la densidad y la concentración.	13%	4%	-9%

pliéndose así su principal objetivo. Por otro lado, es probable que los alumnos que escogen la opción (b) piensen que la disolución representa una nueva sustancia ya que no consideran la dependencia de la densidad con la concentración (esta interpretación fue confirmada posteriormente en las entrevistas).

Respuestas al test: Problemas numéricos²

Debido a que se tomaron dos problemas distintos en cada tema se los analizará por separado.

Ítem 5 (Tema A).- Se dispone de una disolución acuosa de NaCl ($M = 58,5 \text{ g/mol}$) 7,35 % m/m cuya densidad es $1,050 \text{ g/cm}^3$. Calcular:

- Masa de soluto presente en 200 g de disolución.
- Volumen que ocupa la disolución del inciso (a).
- La molaridad de la disolución.

Las respuestas obtenidas fueron las siguientes:

Inciso Resolución	Pre-test			Post-test			Variación		
	(a)	(b)	(c)	(a)	(b)	(c)	(a)	(b)	(c)
Correcta	86%	68%	36%	96%	82%	64%	+9%	+14%	+27%
Incorrecta	9%	14%	36%	5%	18%	32%	-5%	+5%	-5%
No contesta	5%	18%	23%	0%	0%	0%	-5%	-18%	-23%
Arrastra error	0%	0%	5%	0%	0%	5%	0%	0%	0%

En líneas generales se aprecia un aumento de respuestas correctas, y una disminución marcada del número de problemas no respondidos, lo cual indica que los alumnos pueden hacer el ejercicio. En las respuestas al inciso (b), que necesita la comprensión del tema en estudio, se observa un incremento del 14% que puede atribuirse a una mejora en el manejo de la densidad debido en parte al trabajo práctico realizado.

² El porcentaje de respuestas está calculado con base en un total de 24 alumnos para el tema A y de 22 alumnos para el tema B.

$1 \text{ mol NaCl} = 58,5 \text{ g NaCl}$
 $0,26 \text{ mol} = x = 15,3 \text{ g NaCl}$
 $\hookrightarrow \text{en } 100 \text{ cm}^3 \text{sc} = 0,26 \text{ mol}$
 $1000 \text{ cm}^3 = x = 2,61 \text{ mol} = M$

Ejemplo 1

$58,5 \text{ g} \text{ --- } 1 \text{ mol}$
 $15,3 \text{ g} \text{ --- } 0,26 \text{ mol}$
 $0,26 \text{ mol} \text{ --- } 1000 \text{ cm}^3$
 $2,60 \text{ mol} \text{ --- } 1000 \text{ cm}^3$

Ejemplo 2

$58,5 \text{ g NaCl} \rightarrow 1 \text{ mol}$
 $15,3 \text{ g NaCl} \rightarrow 0,262 \text{ mol}$
 $1000 \text{ cm}^3 \rightarrow 2,62$
 $M = 2,62$

Ejemplo 3

Figura 1. Expresión incorrecta del resultado.

Ítem 5 (Tema B).- Se dispone de una disolución acuosa de NaCl ($M = 58,5 \text{ g/mol}$) cuya concentración es $2,61 \text{ M}$ y $13,9 \%$ m/m, calcular:

- La masa de soluto presente en 150 g de disolución.
- Volumen que ocupa la disolución del inciso (a).
- La densidad de la disolución.

Las respuestas fueron las siguientes:

Inciso Resolución	Pre-test			Post-test			Variación		
	(a)	(b)	(c)	(a)	(b)	(c)	(a)	(b)	(c)
Correcta	71%	63%	46%	88%	71%	63%	17%	8%	17%
Incorrecta	13%	13%	25%	8%	13%	21%	-4%	0%	-4%
No contesta	17%	25%	29%	4%	17%	17%	-13%	-8%	-13%
Arrastra Error	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%

En la resolución de estos problemas clásicos de disoluciones, vemos que en el post-test aumentan las respuestas correctas, que ya eran altas, en especial el inciso (a), más fácil o directo; pero lo más notable es la disminución del “no contesta” en el post-test a favor de la respuesta correcta.

También es interesante observar la diferencia que hay entre la mejora que se observa en las respuestas al inciso (b) del tema A (mejora 14%) en comparación con el mismo inciso del tema B (mejora solo 8%). Esto puede relacionarse al hecho de que a los alumnos les resulta más sencillo trabajar con la densidad (tema A) que con la molaridad (tema B) tal vez debido a que el segundo es un concepto que se encuentra menos instalado en sus conocimientos.

Ítem 6.⁴ Se introducen $15,30 \text{ g}$ de NaCl en un matraz de 100 cm^3 . Se enrasa con agua y se determina que la masa del contenido del matraz es de 110 g . Calcular:

- La densidad de la disolución.
- La molaridad de la disolución.

Inciso	Respuestas al Ítem 6	
	(a)	(b)
Resolución Correcta	91%	61%
Incorrecta	7%	30%
No contesta	2%	9%

Se corrobora que las dificultades relacionadas con el cálculo de la molaridad continúan después de haber estudiado el tema, en particular les cuesta expresar correctamente el resultado cuando se les solicita la molaridad. Se observan en este caso respuestas del tipo: “ $M = 2,61 \text{ mol}$ ” (figura 1, ejemplo 1); o bien otras como: “ $n = 2,62$ ” (figura 1, ejemplo 3). Se ejemplifica también una expresión correcta del resultado (figura 2).

Además, se observa que la prolijidad en la resolución del problema sería un indicador de la claridad conceptual que posee el alumno. En estos casos se puede pensar que el alumno sabe a dónde quiere llegar, y que realiza solamente los cálculos necesarios, usa las unidades de manera explícita y adecuada, utiliza correctamente los datos, conoce y aplica adecuadamente las distintas formas de expresar la concentración.

En las figuras 3 a 5 se muestra la resolución del ítem 5 del tema B realizada por el mismo alumno antes (pre-test) y después de la ejercitación (post-test), demostrando una mejora en la expresión de los resultados y en la claridad del planteo de dichos problemas.

$58,5 \text{ g NaCl} \text{ --- } 1 \text{ mol}$
 $15,30 \text{ g NaCl} \text{ --- } x = 0,262 \text{ moles}$
 $100 \text{ cm}^3 \text{ --- } 0,262 \text{ moles}$
 $1000 \text{ cm}^3 \text{ --- } x = 2,62 \text{ moles}$
 Rta: La molaridad de la solución es $2,62 \text{ M}$

Figura 2. Expresión correcta del resultado.

⁴ Ejercicio tomado solamente en el post-test.

$M = 58,5 \text{ g/mol}$
 $\text{conc} = 2,61 \text{ M} \rightarrow \frac{2,61 \text{ mol St}}{1000 \text{ cm}^3 \text{ Sc}}$
 $13,9\% \text{ m/m} \rightarrow \frac{13,9 \text{ g NaCl}}{100 \text{ g Sc}}$

a) En 100 g Sc hay 13,9 g de soluto.
 b) $1000 \text{ cm}^3 \text{ Sc} \rightarrow 13,9 \text{ g}$
 $2,61 \text{ mol} \rightarrow 152,685 \text{ g NaCl}$
 $0,237 \text{ mol} \rightarrow 13,9 \text{ g}$

c) $\rho = \frac{m \text{ Sc}}{V \text{ Sc}} = \frac{13,9 \text{ g}}{91 \text{ cm}^3} = 0,154 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$

GRACIAS POR TU COLABORACIÓN

Figura 3. Resolución incorrecta.

Otro factor a tener en cuenta para evaluar la claridad de la respuesta numérica es la correcta expresión del resultado: redondeo, cifras significativas y unidades en su conjunto hacen del resultado escrito un indicador de la claridad conceptual que posee el alumno a la hora de resolver un problema numérico. También los frecuentes errores matemáticos observados se asocian a malos aprendizajes de matemática en la escuela media (Gómez-Moliné y Sanmartí, 2002).

Una de las situaciones más frecuentes observadas, durante la experiencia docente en la corrección de las resoluciones de los problemas numéricos, es que los alumnos tienen una fuerte tendencia a resolver todo con muchas cuentas sin razonar por completo la situación, es como si quisieran encajar las piezas de un rompecabezas sin tener en cuenta la imagen que se forma, les alcanzaría con que encaje adquiriendo sentido para ellos. En el ejemplo de la figura 5 se muestra el caso del alumno que calcula la densidad de la disolución utilizando una fórmula correcta pero colocando el valor de la masa molar del soluto (NaCl, 58,5g) como masa de la disolución, obteniendo un resultado incorrecto.

Resultados de la entrevista y su triangulación con los resultados del test

En el cuadro 7 se presentan los resultados coincidentes que surgieron de las entrevistas y del test.

$\text{NaCl } M = 58,5 \text{ g/mol}$
 $\frac{2,61 \text{ mol St}}{1000 \text{ cm}^3 \text{ Sc}}$
 $\frac{13,9 \text{ g St}}{100 \text{ g Sc}}$

a) $100 \text{ g Sc} \rightarrow 13,9 \text{ g St}$
 $150 \text{ g Sc} \rightarrow 20,85 \text{ g St}$ → Rta. La masa de soluto en 150g de Sc es 20,85g.

b) $58,5 \text{ g} \rightarrow 1 \text{ mol St}$
 $139 \text{ g} \rightarrow 2,37 \text{ mol St}$
 $20,85 \text{ g} \rightarrow 0,356 \text{ mol St}$
La solución ocupa 136,4 ml.

$\rho = \frac{m}{V} = \frac{150 \text{ g}}{136,4 \text{ ml}} = 1,10 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$
 $\rho = 1,10 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$ → densidad de la solución.

GRACIAS POR TU COLABORACIÓN

Figura 4. Resolución correcta.

c) $\rho_{\text{Sc}} = \frac{m_{\text{Sc}}}{V_{\text{Sc}}} = \frac{58,5 \text{ g}}{91,95 \text{ cm}^3} = 0,64 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$

Figura 5.

Conclusiones

Esta investigación nos resultó útil para corroborar las dificultades que poseen los alumnos en el tema de disoluciones y reconocer la importancia del trabajo en el laboratorio para su superación.

Consideramos que en general se logró el principal objetivo de la realización de la práctica que era que los alumnos pudieran diferenciar la densidad de una disolución de su concentración y consecuentemente resolver exitosamente situaciones problemáticas, lo que quedó evidenciado no solamente en los resultados numéricos correctos sino además en la claridad demostrada en la resolución.

Comprobamos que la confusión entre los conceptos de densidad y concentración pueden atribuirse a la similitud de sus unidades acompañada de una falta de reflexión, pero esta dificultad disminuye con el trabajo en el laboratorio (Respuestas al test: Problemas numéricos, ítem 5).

La idea de “disolución como una sustancia nueva” estaría bastante arraigada en algunos alumnos pues surge en los diferentes instrumentos utilizados aún luego de haber realizado la experiencia de laboratorio. Consideramos esta idea una verdadera teoría de dominio que relaciona conceptos pertenecientes a diferentes temas o subdominios de la química: sistemas materiales, propiedades de las sustancias y disoluciones. Los alumnos que sostienen esta idea han construido un razonamiento coherente entre la visión macroscópica observada y las características estudiadas de las sustancias. En esta teoría de dominio reconocemos al menos tres supuestos implícitos posibles de origen epistemológico, ontológico y conceptual: el supuesto epistemológico de continuidad de la materia por el cual la homogeneidad observada macroscópicamente se extiende al nivel submicroscópico; el supuesto ontológico de la disolución como objeto y no como sistema de partículas en interacción (análisis del cuadro 3), que refuerza el supuesto anterior; y los supuestos conceptuales subyacentes a las propiedades características de las sustancias. En este último caso es conocido por los alumnos que las sustancias tienen propiedades definidas a dados valores de presión y temperatura, pero algunos piensan que si un sistema tiene propiedades definidas debe tratarse de una sustancia.

Los supuestos epistemológicos y ontológicos mencionados indicarían que a pesar de que los alumnos conocen la existencia de átomos y moléculas, así como sus interacciones, no han logrado incorporar el modelo a nivel submicroscópico en este contexto, por lo que sugerimos trabajar siempre que sea posible en los procesos de interacción entre las

Cuadro 7. Comparación de algunos resultados del test y la entrevista.

Resultados del test	Resultados de entrevista
“Una disolución es una mezcla que siempre se encuentra en estado líquido”(ítem 1.a)	Los alumnos poseen un conocimiento previo adquirido en la escuela media del tema disoluciones (Cuadro 2, inciso 5). Ninguno de los alumnos entrevistados indica que las disoluciones se encuentran siempre en estado líquido.
“Una disolución es una sustancia nueva con propiedades distintas a las de las sustancias puras que se mezclaron” (ítem 1.c)	Los alumnos no llaman sustancia al sistema formado por partículas iguales sino al sistema que observan macroscópicamente homogéneo y por lo tanto como cambia la densidad al realizar las distintas mezclas, consideran que se forma una sustancia nueva. Sin embargo pueden detectar la diferencia entre sustancia y mezcla cuando se les solicita que piensen en disoluciones conocidas por ellos de la vida cotidiana.
“La densidad de una disolución se puede calcular como: Masa de disolución / Volumen de disolución” (ítem 3.e)	Algunos alumnos no reconocen definiciones equivalentes de la densidad de una disolución (Ítem 3a y 3e), escogen la definición más usada (Ítem 3a) y solamente al solicitarles que piensen por qué no eligen otras opciones, advierten que son equivalentes.
“La densidad de una disolución se puede calcular como: (Masa de soluto + masa de solvente) / (Volumen de solvente + volumen de soluto)” (ítem 3.c)	A pesar de haber observado una demostración experimental que demuestra la no aditividad de los volúmenes muchos alumnos no logran integrar este resultado con la definición propuesta.
“La densidad de una disolución se puede calcular como: Masa de soluto / Volumen de Disolución” (ítem.,b)	Algunos alumnos piensan que la densidad es una medida de la concentración porque tiene unidades similares pero no reflexionan que “g/mL” corresponden ambos a la disolución (“masa de disolución / volumen de disolución”).
“Cuando aumenta la concentración aumenta la densidad de la solución” (ítem 4.d)	Aunque en los test se nota una mejoría en la apreciación de la relación entre densidad y concentración para una solución salina, este resultado es generalizado incorrectamente para cualquier tipo de soluto (por ejemplo en aquellos solutos con menor densidad que el agua).
“Se introducen 15,30 g de NaCl en un matraz de 100 cm ³ . Se enrasa con agua y se determina que la masa del contenido del matraz es de 110 g. Calcular: a) La densidad de la solución. b) La molaridad de la solución. (ítem 6)”	Los alumnos que hicieron la experiencia generalmente la recuerdan y les es útil para resolver algunos problemas como el 6, pero reconocen que la experiencia de laboratorio no reemplaza a la ejercitación de problemas, aunque les resulta un muy buen complemento.

partículas en los diferentes niveles de organización: átomos, moléculas y mezclas.

En las entrevistas los alumnos debieron razonar en voz alta pues se les preguntó el por qué de sus elecciones, con lo cual se vieron obligados a entrar en conflicto cognitivo consciente cuando sus respuestas no eran coherentes con sus ideas previas de la vida cotidiana. Se escucharon frases del tipo: “ah, ...ahora caigo” o en el escrito: “por hacerlo rápido lo hice mal” o “si lo hubiera pensado mejor...”. El proceso de metacognición realizado condujo así a un nuevo enfoque del tema que facilitaría el cambio conceptual del estudiante por lo que debiéramos utilizarlo más durante las clases teórico prácticas.

Los resultados de la investigación permiten concluir que para lograr un aprendizaje significativo se requiere no solo de la práctica en el laboratorio sino de un trabajo simultáneo de ejercitación, experimentación y meta cognición orientada por el docente. Este resultado coincide con el que hemos obtenido en una experiencia piloto en la que se proyectaron videos didácticos en el aula (Ali *et al.*, 2012), realizados previamente por los autores de este trabajo para paliar la imposibilidad de ofrecer los talleres de laboratorio a la totalidad de los alumnos (Ricchi, Landau y Torres, 2010).

Agradecimiento

Este trabajo fue realizado en el marco del proyecto de investigación: “Cómo promover el aprendizaje significativo de la química: Estudio de los supuestos subyacentes a las concepciones alternativas de los estudiantes de un primer curso universitario”, aprobado y subsidiado por la Secretaría de Ciencia y Técnica de la Universidad de Buenos Aires.

Bibliografía

- Ali, S., Callone, C., Landau, L., Monteserin, H., Ricchi G., Torres, N. Demostraciones experimentales de química en el aula: Uso de videos en una experiencia piloto para promover el aprendizaje significativo en cursos numerosos, en Bedoya, Ana María (ed.): *VIII Jornadas de Material Didáctico y Experiencias Innovadoras en Educación Superior* (1 CD-ROM), Buenos Aires, Ciclo Básico Común, Universidad de Buenos Aires. Recuperado (15-10-2012) de <http://www.biomilenio.net>
- Angelini, M. C., Buamgartner, E., Guerrien, D., Landau, L., Lastres, L., Roverano, M., Sileo, M., Torres, N., Vázquez, I. Estrategia didáctica para vincular distintos niveles de conceptualización. Estudio de un caso (Parte 1). *Educación Química*, **12**(3), 149-157, 2001.
- Brown, L., Le May, H., Bursten, B., *Química, La ciencia central*. 7ª ed. México, D.F.: Prentice Hall, 1998.

- Cervellini, M. I., Muñoz, M. A., Zambruno, M. A., Vicente, N. M., Rouaux, R y Chasvin, M. N., Estudio sobre la problemática del aprendizaje de las disoluciones en el nivel universitario, *Educación Química*, **17**(4), 408-413, 2006.
- Chang, R., *Química*. 9ª Ed. México, D.F.: Mc Graw-Hill/Interamericana Editores, S. A. de C. V., 2007.
- Chi, M., Slotta, D., de Leeuw, N., From things to processes: A theory of conceptual change for learning science concepts, *Learning and Instruction*, **4**(1), 27-44, 1994.
- Greca, I. y Moreira, M. A., Un estudio piloto sobre representaciones mentales, imágenes, proposiciones y modelos mentales respecto al concepto de campo electromagnético en alumnos de física general, estudiantes de postgrado y físicos profesionales, *Investigações em Ensino de Ciências*, **1**(1), 95-108, 1996.
- Gómez-Moliné, M. y Sanmartí Puig, N., El aporte de los obstáculos epistemológicos, *Educación Química*, **13**(1), 61-68, 2002.
- Monteserín, H., Landau, L., Baumgartner, E., Torres, N., Niveles de organización de la materia: un cambio de enfoque, *XV Reunión de educadores de la química*, Buenos Aires, Argentina, 2011.
- Pozo Municio, J.I. y Gómez Crespo M.A. *Aprender y enseñar ciencia. Del conocimiento cotidiano al conocimiento científico*. Madrid: Ediciones Morata, 1998.
- Ricchi, G., Landau, L., Torres, N., 2010. Demostraciones Experimentales de Química. <http://acercalabo.blogspot.com>
- Timberlake, K., *Chemistry: An Introduction to General, Inorganic, and Biological Chemistry 11th Ed*. Los Angeles Valley College, U.S.A.: Prentice Hall, 2012.
- Valdéz, S., Flores, F., Gallegos, L. y Herrera Ma., Ideas previas en estudiantes de bachillerato sobre conceptos básicos de química vinculados al tema de disoluciones, *Educación Química*, **9**(3), 155-162, 1998.
- Vosniadou, S. Capturing and modelling the process of conceptual change, *Learning and Instruction*, **4**(1), 45-69, 1994.

Anexo 1: Test escrito

Test Densidad Disoluciones **Nombre:**

Marcar con una cruz la/s respuesta/s correcta/s de los ejercicios: 1, 2, 3 y 4.

Resolver el problema numérico en esta hoja y al dorso de la manera más explícita posible.

- 1.- Una disolución es:
 - a) Una mezcla que siempre se encuentra en estado líquido.
 - b) Una mezcla homogénea de al menos dos sustancias puras.
 - c) Una sustancia nueva con propiedades distintas a las de las sustancias puras que se mezclaron.
 - d) Un sistema homogéneo en el cual no se puede distinguir el soluto del solvente.

- 2.- La densidad de una disolución diluida tiene un valor:
 - a) Muy cercano a la densidad del soluto puro.
 - b) Muy cercano a la densidad del solvente puro.
 - c) Intermedio entre las densidades de soluto y solvente dependiendo del tipo de soluto.
 - d) Ninguna de las anteriores.

- 3.- La densidad de una disolución se puede calcular como:
 - a) $(\text{Masa de soluto} + \text{masa de solvente}) / \text{Volumen de disolución}$.
 - b) $\text{Masa de soluto} / \text{Volumen de disolución}$.
 - c) $(\text{Masa de soluto} + \text{masa de solvente}) / (\text{Volumen de solvente} + \text{volumen de soluto})$.
 - d) $\text{Masa de disolución} / \text{Volumen de solvente}$.
 - e) $\text{Masa de disolución} / \text{Volumen de disolución}$.

- 4.- ¿Cuál es la relación entre densidad y concentración de una disolución acuosa de cloruro de sodio?
 - a) Cuando aumenta la concentración disminuye la densidad de la disolución.
 - b) La densidad de la disolución de NaCl es constante a P y T y permite identificarla en esas condiciones.
 - c) La densidad de disolución es la concentración de la misma dado que sus unidades son iguales.
 - d) Cuando aumenta la concentración aumenta la densidad de la disolución.
 - e) No existe ninguna relación entre la densidad y la concentración.

En el Tema A se tomó el siguiente problema:

5. - Se dispone de una disolución acuosa de NaCl ($M = 58,5 \text{ g/mol}$) 7,35 % m/m cuya densidad es $1,050 \text{ g/cm}^3$. Calcular:
- Masa de soluto presente en 200 g de disolución.
 - Volumen que ocupa la disolución del inciso (a).
 - La molaridad de la disolución.

En el tema B se tomó el siguiente problema:

5. - Se dispone de una disolución acuosa de NaCl ($M = 58,5 \text{ g/mol}$) cuya concentración es 2,61 M y 13,9 % m/m. Calcular:
- La masa de soluto presente en 150 g de disolución.
 - Volumen que ocupa la disolución del inciso a.
 - La densidad de la disolución.

Luego en los dos temas solo en el Post-Test se tomó el siguiente problema:

6. - Se introducen 15,30 g de NaCl en un matraz de 100 cm^3 . Se enrasa con agua y se determina que la masa del contenido del matraz es de 110 g. Calcular:
- La densidad de la disolución.
 - La molaridad de la disolución.

Anexo 2: Esquema de las entrevistas

Comentarios previos

Se anuncia al alumno el carácter confidencial de la entrevista, y que ésta será grabada. Se averigua si completaron el test a conciencia.

Cuestiones generales

- ¿Con qué nivel de profundidad estudió el tema disoluciones en la escuela media?
- ¿Qué carrera sigue y por qué?
- ¿Cómo le fue en los incisos correspondientes al tema disoluciones en la evaluación?
- Se le solicita que explique qué recuerda del trabajo práctico de densidad.
- ¿Qué dificultades percibe que aún persisten en el tema de disoluciones?
- Si considera que las prácticas de laboratorio le resultaron beneficiosas, explicar en qué sentido.

Cuestiones puntuales

- Si el alumno mejoró su respuesta de los ítems entre el pre-test y el post-test, preguntar si lo atribuye a lo visto en las clases teórico-prácticas o al trabajo de laboratorio (ítems 2 y 4).
- Si en los ítems no cambió su respuesta entre el pre-test y el post-test, y está mal en ambos, preguntar por qué descartó las opciones no elegidas.
El objetivo es averiguar si entendió que se podía marcar más de una opción.
- Si en los ítems no cambió su respuesta entre el pre-test y el post-test, y está bien en ambos:
 - Si tiene bien los ítems de desarrollo numérico (ítems 5 y 6), no se le pregunta nada pues se supone que entiende.
 - Si tiene mal los ítems de desarrollo numérico (ítems 5 y 6), se le pide que explique, y se buscan las incoherencias.

En el problema numérico se compara la resolución del pre-test y del post-test, se pide al alumno que explique el desarrollo numérico con palabras, solicitando que aclare las ecuaciones, unidades, etc.