

# Razones para “concentrarse” en las razones

José Luis Córdova Frunz,<sup>1</sup> Víctor Manuel Feregrino Hernández,<sup>2</sup> José Clemente Reza García,<sup>2</sup>  
Laura Rocío Ortiz Esquivel<sup>2</sup> y María Antonia Dosal Gómez<sup>3</sup>

## ABSTRACT (Reasons to focus in ratios)

Concentration of solutions is a fundamental subject in chemistry, which requires understanding and handling the ratio and proportion concepts. In order to identify the level of understanding these concepts, we designed and applied a collection of problems related to the use of different concentration units, to a population of first year chemical engineering students, whose procedures of resolution and results were analyzed. We observed that students have strongly rooted habits and that it is not possible that they adapt and classify their procedures to solve problems of greater complexity, despite being of daily context. In addition to errors and omissions, we could state that the fundamental concept of ratio and its immediate one, the proportion, represent difficulties and limitations for students when they are outside the algorithmic level.

**KEYWORDS:** Ratio, proportion, solution, concentration, problem solving

## Resumen

Uno de los temas fundamentales en química es el de concentración de las disoluciones, el cual requiere del manejo y comprensión de los conceptos de razón y proporción. Para identificar el nivel de comprensión de estos conceptos, diseñamos y aplicamos una colección de problemas, relacionados con el uso de las diferentes unidades de concentración, a una población de estudiantes de nivel superior, cuyos procedimientos de resolución y resultados analizamos.

Observamos que los estudiantes tienen hábitos de resolución muy arraigados y que no les es posible adaptar y clasificar los procedimientos empleados para resolver problemas de mayor complejidad, no obstante ser de contexto cotidiano. Además de errores y omisiones, pudimos constatar que los conceptos fundamentales de razón y su inmediato, la proporción, representan dificultades y limitaciones para los estudiantes cuando se hallan fuera del nivel algorítmico.

**Palabras clave:** Razón, proporción, disolución, concentración, resolución de problemas

## Introducción

El proceso de aprendizaje de los conceptos relacionados con las disoluciones líquidas ha sido objeto de estudio por diferentes grupos de reconocidos investigadores en el ámbito de la educación en ciencias (Blanco, 1997; Ruiz, 2005).

El concepto *concentración de las disoluciones* es uno de los

que presentan mayor dificultad en su comprensión por los estudiantes de los cursos de química general de nivel superior, lo cual se refleja en la presencia de graves errores conceptuales y deficiencias metodológicas en su aplicación en la resolución de problemas de naturaleza cualitativa y cuantitativa.

Los principios y teorías que sustentan el aprendizaje significativo establecen que éste se dará cuando un concepto nuevo se relaciona e integra con otros ya existentes, conformándose una red que se refuerza y reestructura con cada nuevo aprendizaje.

La hipótesis que sustenta este trabajo es que las dificultades detectadas en la aplicación del concepto concentración de las disoluciones radican en la falta de comprensión previa de los conceptos de razón y proporción numérica que subyacen en cualquier unidad de concentración.

Ya en 1985 existían referencias en la literatura (Tourniaire, 1985) acerca de las dificultades que enfrentan los jóvenes para dominar el concepto de proporcionalidad. De hecho, las investigaciones relativas a estos temas se remontan a los trabajos realizados por Piaget y citados por Lovell (1986). La literatura coincide en que los jóvenes primero comprenden la proporcionalidad desde un punto de vista cualitativo, el cual es fundamento de su posterior interpretación cuantitativa (Roberge, 1979; Ferrandez-Reinisch, 1985).

Afirma Freudenthal (1983) que una razón es una función de un par ordenado de magnitudes. No es una fracción aunque en ocasiones se escribe como si fuera tal, pues en ésta se implican partes de un todo; en la razón hay una noción de cuántas veces cabe una magnitud en otra, de aquí que prevalezca una notación diferente para ambas. Si para los griegos la razón se limitaba a magnitudes de la misma especie, hoy no es así: velocidad, concentración, densidad, presión, son sólo unos ejemplos de razones donde no se emplea la noción de “caber una magnitud en otra”. Sin embargo, hacia el año 1600 esto no era práctica usual, lo que explica que Kepler formulara dos de sus leyes de la siguiente manera:

<sup>1</sup> Universidad Autónoma Metropolitana, Depto. de Química.

**Correo electrónico:** cts@xanum.uam.mx

<sup>2</sup> ESIQIE, IPN, Depto. de Ciencias Básicas.

**Correo electrónico:** lortiz@ipn.mx

<sup>3</sup> Fac. de Química, UNAM, Depto. de Química Analítica.

**Correo electrónico:** madosala@yahoo.com

**Recibido:** 5 de marzo 2009; **aceptado:** 15 de mayo 2009.

“En tiempos iguales, el radio vector del Sol al planeta barre áreas iguales”.

“Los cuadrados de los tiempos de revolución están en la misma razón que los cubos del eje mayor de las órbitas”.

De esta suerte Kepler comparaba la razón de magnitudes iguales (los cuadrados de los tiempos) con otra razón de magnitudes iguales (los cubos de los ejes). En otros términos,

aceptaban la expresión  $\frac{a_1}{a_2} = \frac{b_1}{b_2}$  pero no  $\frac{a_1}{b_1} = \frac{a_2}{b_2}$ , pues las

comparaciones (tal era la “razón”) sólo tenían sentido entre entidades iguales. Posiblemente, el desarrollo de la notación algebraica por Vieta, Oughtred, Wing y otros, facilitó la nueva concepción de “razón”, esto es, de magnitudes diferentes.

Estos conceptos de razón y proporción son ampliamente usados en matemáticas, ciencias y vida diaria; cabe mencionar que a pesar de su uso continuo no nos percatamos de que las razones en ocasiones implican unidades y en otras no; por ejemplo, una razón en la vida diaria puede expresarse como tantos de harina por tantos de azúcar (en una receta) o km/L (consumo de gasolina); en química hay expresiones de concentración como las ppm que carecen de unidades y otras que sí las tienen, como mol/L.

En este punto es oportuno precisar que el lenguaje de la ciencia obliga a distinguir entre dimensión (p.ej. volumen) y unidad (p.ej. litros, galones, que son unidades de volumen) (Ebel, 1987). El porcentaje es, ciertamente, un número expresado sin unidades pero que no es *adimensional*, (en inglés *dimensionless*) pues son diferentes el porcentaje en peso del porcentaje en volumen; independientemente de las unidades utilizadas, el porcentaje en volumen sigue teniendo el mismo valor numérico. En el idioma inglés el porcentaje corresponde a un término *unitless*, pero no hay una palabra en castellano que corresponda a “sin unidades”. Por tanto, se traduce equivocadamente “unitless” como “adimensional”; esto es, “sin dimensiones”.

El razonamiento proporcional puede conceptualizarse en los siguientes pasos (Karplus, 1983):

1. Identificación de las dos variables relacionadas (manzanas a pesos, distancia a tiempo, masa a volumen).
2. Reconocimiento de la tasa constante que determina la función lineal entre ambas variables.
3. Aplicación de esta información para encontrar el valor correspondiente para una de las variables de interés.

El concepto de concentración, como se mencionó, es uno de los más difíciles en el aprendizaje de la química. Al respecto, Ver Beek (1991) propone que para los estudiantes son tres las habilidades fundamentales: matemática, lectora y de comprensión del lenguaje de la química. Es aquí conveniente mencionar que la habilidad lectora implica organizar la información relacionada con un problema y la identificación de datos, condiciones e incógnitas del mismo. Esta propuesta se complementa con la de Lubezky (2004), quien distingue las

habilidades algorítmicas del pensamiento de las de orden superior: LOCS (*lower order cognitive skills*) vs. HOCS (*higher order cognitive skills*); las HOCS incluyen la formulación de preguntas (Córdova, *et al.*, 2007), el pensamiento crítico-evaluativo, la resolución de problemas (no de ejercicios) y la transferencia a otros dominios de conocimiento.

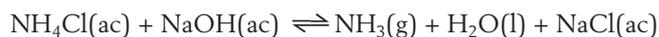
En lo que se refiere a esta habilidad lectora, Mackworth (1972) la califica como un complejo proceso que incluye elementos sensoriomotores y cognitivos (atención, expectativas, decodificación, categorización, selección, memorias de trabajo y de largo plazo, por mencionar algunos). La interacción con la memoria de largo plazo es una parte esencial de este proceso pues la comprensión de un concepto implica la comparación con los modelos mentales familiares al sujeto (Córdova, *et al.*, 2007).

### Consideraciones teóricas

Una estrategia recomendada en los textos actuales para la resolución de problemas de química es la de *factores de conversión*, también conocida como análisis dimensional, método de los factores unitarios o *label factor method*, cuyo fundamento implica la multiplicación de una cantidad resultado de una medición (base de cálculo) por una secuencia de factores que representan a la unidad (por estar conformados por la razón entre dos cantidades equivalentes), tal que se modifiquen la unidad y/o la especie química en que se expresa dicha cantidad original (Gary, 1998).

Nuestra experiencia ha mostrado que en química no siempre es suficiente tener una cantidad expresada por *número, unidad y especie*, tal como lo propone Woodcock (2008), sino que en ocasiones hace falta incluir un nuevo tipo de “calificador”, que corresponde a una condición o momento (de manera análoga al uso de nombre, apellido paterno y materno, para identificar de forma inequívoca a una persona).

Por ejemplo, para la reacción, representada por la ecuación:



en el dominio de la química es muy diferente hablar de 1.2 g/L de NaOH *al inicio de la reacción, al final de la reacción o consumido en la reacción*. En este caso, el nombre es “1.2”, el apellido paterno “g/L de NaOH” y el materno “al inicio, al final, consumido”.

Es importante que los estudiantes interioricen el uso de calificadores así como debieran hacerlo con la regla de tres, los factores de conversión, el despeje de ecuaciones y/o el uso de masas para los cálculos estequiométricos. Al respecto, conviene precisar que la interiorización es una secuencia de operaciones resultado de una reflexión y un análisis. Si bien se parece a un hábito, difiere en que éste resulta de la imitación o de la mera repetición —esto es del adiestramiento—, en tanto que la interiorización depende de la interpretación a partir del lenguaje cotidiano y éste es su mecanismo más importante.

## Metodología

Con el propósito de identificar el grado de dominio en la aplicación de los conceptos de razón y proporción, así como su posible sistematización mediante el método de los factores de conversión en la resolución de problemas de los ámbitos químico y cotidiano, se diseñó y aplicó un instrumento consistente en 12 problemas, de los cuales 10 correspondieron a cinco enunciados de situaciones del ámbito químico y su correspondiente reactivo espejo del ámbito cotidiano, equivalentes desde el punto de vista matemático en términos del tipo y número de operaciones matemáticas que deberían realizarse y ubicados de manera aleatoria en el cuestionario.

Los dos problemas restantes, identificados con los números 3 y 4, no se plantearon como pareja ítem-espejo, en virtud de la extraordinaria complejidad y laboriosidad (C-L) (Córdova, *et al.*, 2003) en la resolución del reactivo del ámbito químico; se optó por dejarlos así a fin de plantear nuevas líneas de investigación, considerando que no plantean una base de cálculo específica y que los factores de conversión no están explícitos, sino que deben deducirse a partir de la base de cálculo establecida por el lector, todo lo cual implica la posibilidad de más de un esquema de resolución para obtener la respuesta final.

La totalidad de los ítems químicos eran referentes a conceptos relacionados con las unidades de concentración de las disoluciones, considerado de importancia por su naturaleza práctica. En el cuestionario aplicado no se hizo uso intenso de los calificadores para los datos e incógnitas y, al igual que en muchos problemas de química, no se fue más allá de unidad y especie química.

A continuación se ejemplifica la equivalencia C-L entre las parejas ítem-espejo, mediante la resolución utilizando el método de los factores de conversión:

2. Establece la masa en gramos para preparar 250 mL de solución 0.150 mol/L con un soluto de masa molar 315 g/mol.

**Resolución:** Considerando que la base de cálculo es el volumen de 250 mL (0.25 L) y que los factores de conversión son los datos de molaridad y masa molar correspondiente al soluto:

$$0.25 \text{ L solución} \left| \frac{0.15 \text{ mol soluto}}{1 \text{ L solución}} \right| \left| \frac{315 \text{ g soluto}}{1 \text{ mol soluto}} \right| = 11.8 \text{ g soluto}$$

9. Calcula cuánta gasolina emplea un automóvil que consume 0.05 L/km cuando viaja a 80 km/h durante 1.30 horas.

**Resolución:** Considerando que la base de cálculo es el tiempo de 1.30 horas y que los factores de conversión son los datos de velocidad y consumo de gasolina:

$$1.30 \text{ h} \left| \frac{80 \text{ km}}{1 \text{ h}} \right| \left| \frac{0.05 \text{ L gasolina}}{1 \text{ km}} \right| = 5.2 \text{ L gasolina}$$

El instrumento se aplicó a una población de 181 estudiantes de primer año de licenciatura en Ingeniería Química cuyas edades fluctuaban entre 18 y 20 años, todos ellos en grupos

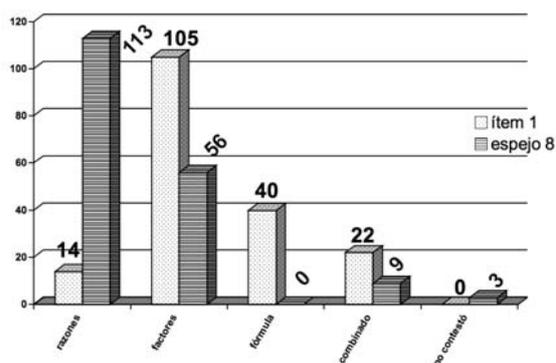
atendidos por los autores; a los estudiantes se les entregó el instrumento en forma impresa para su resolución individual y entrega en un plazo de dos días. En las instrucciones respectivas se estableció que la respuesta de los problemas debería incluir de manera explícita el método utilizado (proporciones o factores de conversión) para llegar a ella.

La pertinencia de los problemas relacionados con química se halla en su semejanza con los usados en textos, problemarios y exámenes usuales; no es el caso para los ítems espejo, cuya validez está en su analogía matemática.

Se procedió al análisis de los cuestionarios recuperados a través de la identificación del método utilizado en la resolución de cada problema y su comparación con el reactivo espejo, así como la determinación de la eficacia y eficiencia de las respuestas numéricas reportadas entendidas, respectivamente, como porcentaje de respuestas y como porcentaje de respuestas correctas. Se elaboraron gráficas comparativas de los resultados, los cuales incluyeron los casos en que se utilizaron métodos de resolución diferentes a los propuestos, tales como la aplicación de una fórmula algebraica deducida a partir de la definición de la correspondiente unidad de concentración de la disolución, o la combinación de varios métodos.

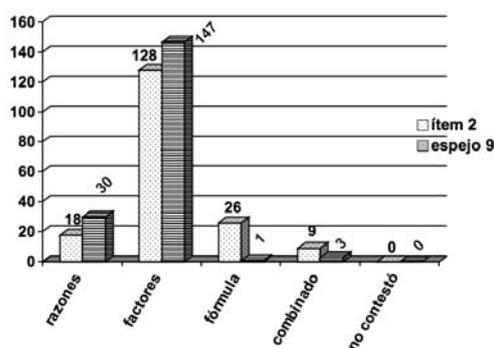
## Gráficas de resultados

Ítem 1, espejo 8



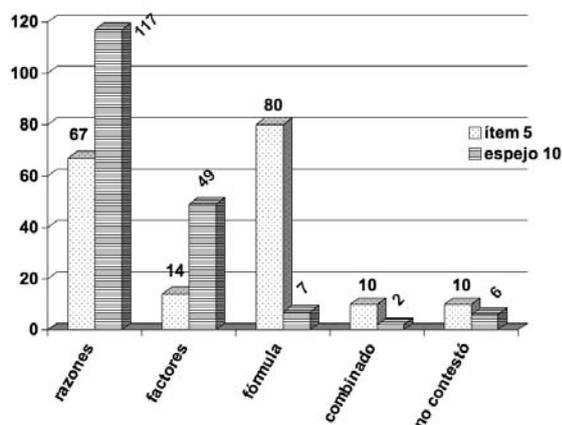
Gráfica 1. Frecuencia de resolución de ítem 1 y 8, por tipo de método.

Ítem 2, espejo 9



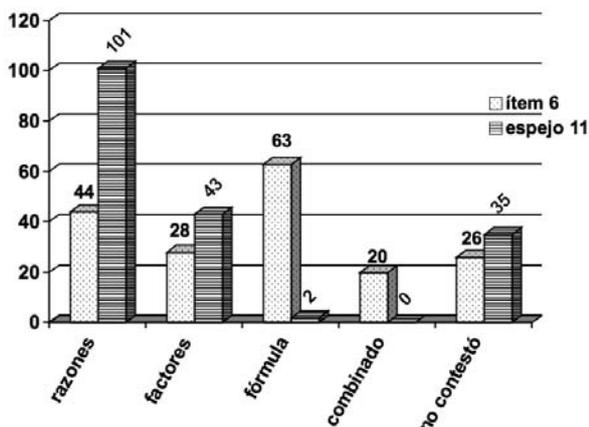
Gráfica 2. Frecuencia de resolución de ítem 2 y 9, por tipo de método.

Ítem 5, espejo 10



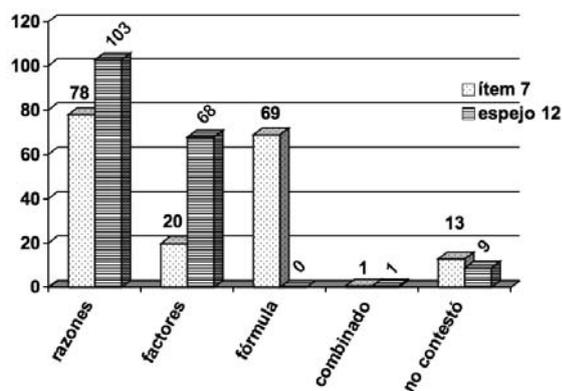
Gráfica 3. Frecuencia de resolución de ítem 5 y 10, por tipo de método.

Ítem 6, espejo 11



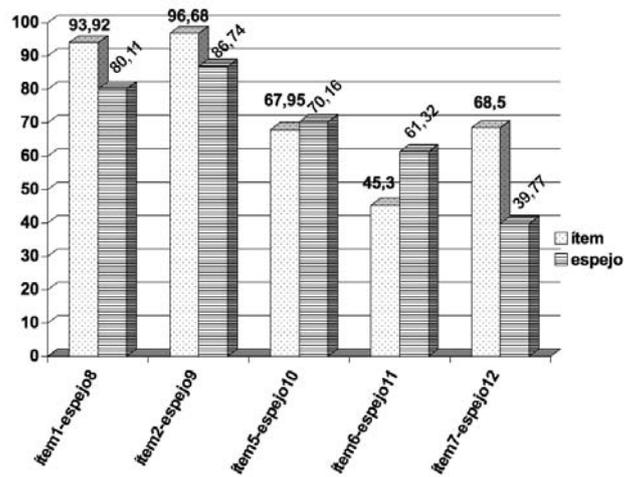
Gráfica 4. Frecuencia de resolución de ítem 6 y 11, por tipo de método.

Ítem 7, espejo 12

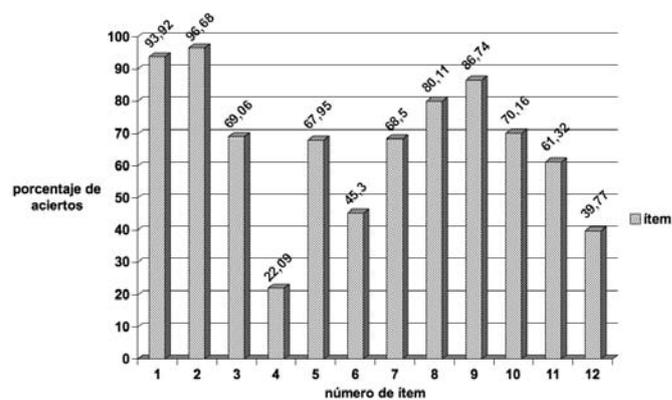


Gráfica 5. Frecuencia de resolución de ítem 7 y 12, por tipo de método.

La siguiente gráfica muestra el porcentaje de aciertos en las parejas ítem-espejo (químico-cotidiano):



Gráfica 6. Porcentaje de aciertos por parejas.



Gráfica 7. Porcentaje total de aciertos, independiente del método de resolución.

## Análisis de resultados

Se presenta el análisis en dos secciones; la primera en forma global y la segunda para algunos ítems específicos.

- 1) Los estudiantes no usaron estrategias informales de cálculo, tales como sumas sucesivas, duplicar, tomar mitades o prueba y error (Fisher, 1988).
- 2) Más del 90% de los estudiantes de la muestra no mencionó el procedimiento usado, a causa de que no supieron identificarlo o que se les pidió algo fuera de su esquema de interpretación. Lo anterior puede deberse a que los estudiantes no han desarrollado dicha competencia, dado que en la escuela se evalúa más el resultado que la reflexión acerca de la vía de resolución, o que es muy limitada su memoria de corto plazo, lo que puede correlacionarse con los diversos diagnósticos de PISA.

- 3) A pesar de que se solicitó usar sólo un método, el de razones o el de factores de conversión, aproximadamente el 23% de los ítems fueron resueltos mediante el uso de alguna fórmula matemática o por la combinación de los métodos solicitados. Las causas de esto parecen ser: la familiaridad del estudiante con las fórmulas asociadas al contexto del problema, la automatización del procedimiento de sustitución y cálculo o considerar como restricción irrelevante usar sólo un procedimiento dado que lo importante es *llegar al resultado*.
- 4) Los problemas usuales en la enseñanza (1, 2, 3, 9) que implican unidades macro (L, g, moles) con magnitudes autoconsistentes, mostraron un predominio del método de factores de conversión. Pudiese ser que esto obedezca a la aplicación automática de un algoritmo o bien a un mayor nivel de comprensión del estudiante, cuando tiene bien definidos los puntos inicial y final del proceso de cálculo a partir del correspondiente enunciado.
- 5) En problemas cotidianos fuera del ámbito académico (8, 10, 11, 12) predominó la resolución por razones y proporciones. Es altamente probable que los estudiantes no hayan interiorizado el método de factor unitario, pues su aplicación no es frecuente en situaciones cotidianas.
- 6) En los problemas 5, 6 y 7, los estudiantes optaron por usar alguna fórmula o por razones y proporciones, pues no era evidente para ellos el método de factores de conversión. Al estar implicada en el cálculo una razón sin unidades (aunque sí con dimensiones), es probable que pensarán que al cancelarse las unidades se cancelan también las dimensiones y no existe algún factor que se pueda usar.
- 7) En términos generales, se observó inconsistencia y/o desconocimiento en el uso de la notación científica; por ejemplo, escribieron Kgr o kgrs. en lugar de kg, y l (ele) o lts. en vez de L. Más grave fue el abuso del signo igual, pues lo utilizaron en lugar de “por lo tanto”, “equivale a”, “corresponde con”, “contiene”, “está formado por”, etc., mostrando que para los estudiantes este signo tenía el significado que querían en ese momento. En ambos casos los estudiantes no consideraron las convenciones internacionales del lenguaje científico.

En el análisis de los ítems específicos que presentaron un mayor número de errores se destaca que:

- 1) No obstante que el problema 3 es usual en el contexto químico, hubo más del 30% de resolución errónea. Es posible que los sustentantes hubiesen confundido los conceptos de concentración y densidad; es decir, no distinguieron entre *masa de componente* y *masa de sistema*, interpretando la densidad de la disolución como la relación entre la masa del *soluto* y el volumen del sistema.
- 2) El problema 4 tuvo el mayor porcentaje de errores (59.7%) y el 18.2% de los estudiantes no intentó resolverlo. Si bien es complejo, es posible que la terminología haya causado mayor dificultad; de haberse preguntado

“¿cuántos gramos de NaOH necesitas para 1000 g de agua?...” probablemente hubiera habido más respuestas y más aciertos. En otras palabras, el estudiante puede calcular cantidades del tipo gramos, litros, moles, etc., pero tiene dificultades para establecer relaciones con cantidades tales como: g/g, mol/mol, g/L.

- 3) El problema 5 llevaba a un resultado tan obvio e inmediato que desconcertó a muchos estudiantes, quienes calcularon valores que permitían dar una respuesta pero sin identificar la correcta. Suponemos que la habrían hallado de analizar las dimensiones de sus resultados numéricos.
- 4) En el problema 6 fue frecuente que los estudiantes obtuvieran fracciones en masa, puesto que confundieron *partes en masa* con *partes en moles*. Suponemos que, si se hubieran propuesto datos numéricos con unidades, por ejemplo: “1 g de sosa por cada 6 g de agua”, habrían llegado a mejores resultados. En forma análoga al problema 4, se presume que hubo posible error de interpretación por falta de unidades y/o de lectura (40%).
- 5) La mayoría de los estudiantes hizo bien los cálculos del problema 12 pero no interpretó correctamente las preguntas al confundir las frases: “más aparatos” con *eficiencia*, “eficiente” con *apego a la norma* y “requerimiento” con *número obligatorio*; esto lo confirman las respuestas: “es más eficiente y produce más aparatos” y “es más eficiente porque sí se apegó a la norma”.
- 6) La desatención a poner unidades y dimensiones asociadas a cada magnitud lleva a situaciones como la observada en el problema 10 donde un porcentaje apreciable no informó el resultado pedido, puesto que consideraron la población total como si fuera únicamente de hombres.

### Recomendaciones didácticas

Se valida la hipótesis de partida de este trabajo, en cuanto a la dificultad de los estudiantes de la muestra para aplicar las diferentes unidades de concentración a partir de la comprensión de su carácter de razones y proporciones. Es recomendable insistir en el manejo algebraico de las proporciones indicando las unidades y los calificadores correspondientes; ello garantiza que el resultado no es erróneo (lo que no implica que sea correcto).

Si bien intentábamos detectar las limitaciones en el uso del concepto “razón matemática” a partir de su manejo en diferentes contextos (por ello el uso de reactivos espejo), los resultados obtenidos muestran que el estudiante enfrenta más dificultades si la información de un problema es referente a magnitudes intensivas que extensivas. En el primer caso y antes de hacer cualquier operación numérica, proponemos la conveniencia de definir una base de cálculo o hacer un planteamiento algebraico.

Con base en el hecho de que la mayoría de los estudiantes no indicó qué procedimiento usó para resolver los problemas, se confirma que la enseñanza tradicional apunta más a la producción de resultados que a la reflexión acerca de los proce-

mentos mentales implícitos. Pocas veces el estudiante reflexiona acerca de qué procesos lo llevan al resultado de un problema y si es razonable o no; le es suficiente suponer que es correcto y que pudo obtenerse sin mucho esfuerzo, sea en comparación con otro estudiante, con el libro o por la nota de examen. Consideramos relevante que los estudiantes aprendan a clasificar los procesos de resolución utilizados; si no desarrollan su habilidad de clasificación, no estarán en condiciones de analizar y evaluar sus resultados.

La resolución intensa de problemas químicos adiestra a los estudiantes de ingeniería química en el uso de los factores de conversión, sin que hagan extensiva esta habilidad a los problemas cotidianos, en los cuales destaca el uso de métodos más cercanos a razones y proporciones. Diversos estudios están orientados a determinar cuánto de lo que aplica el estudiante ha sido aprendido por transferencia, en cuyo contexto los profesores asumimos que son sencillas de establecer las relaciones analógicas entre los ejemplos y los problemas. Este supuesto es falso en cuanto a que los problemas más difíciles de resolver siempre son aquellos que implican una decisión por parte del estudiante, establecer una base de cálculo o definir la mejor secuencia de cálculo a seguir.

## Referencias

- Blanco, A. y Prieto, T., Pupils' views of how stirring and temperature affect the dissolution of a solid in a liquid: A cross-age study (12 to 18), *International Journal of Science Education*, 19(3), 303-315, 1997.
- Córdova, J.L., Feregrino, V., Reza, C., Ortiz, L., Dosal, A., La importancia de las preguntas, *Alambique, Revista de Didáctica de las Ciencias Experimentales*, XIII(54), 2007.
- Córdova, J.L., Dosal, A., Reza, C., Ortiz, L., Feregrino, V., Laboriosidad de los problemas de química en libros de texto, *Anuario Latinoamericano de Educación Química*, XVI, 237-243, 2003.
- Ebel, Hans, *The Art of Scientific Writing*, VCH, 1987, p. 210.
- Ferrandez-Reinisch, A.M., The Acquisition of Inverse Proportionality: A Training Experiment, *Journal for Research in Mathematics Education*, 16(2), 132-140, 1985.
- Fisher, Linda C., Strategies Used by Secondary Mathematics Teachers to Solve Proportion Problems, *Journal for Research in Mathematics Education*, 19(2), 157-168, 1988.
- Freudenthal, Hans, *Didactical Phenomenology of Mathematical Structures*. D. Reidel Publishing Co. Netherlands, 1983.
- Gary, A., Refinements in the Dimensional Analysis Method of Dose Calculation Problem-Solving, *Nurse Educator*, 23(3), 22-26, 1998.
- Karplus, R., Pulos, S., Stage, E.K., Early Adolescents Proportional Reasoning on 'Rate' Problems, *Educational Studies in Mathematics*, 14(3), 219-233, 1983.
- Lovell, Keith., *Desarrollo de los conceptos matemáticos y científicos*, Editorial Morata, 1986.
- Lubezky, A., Dori, Y.J., Zoller, U., HOCS-Promoting Assessment of Student's Performance on Environment-Related Undergraduate Chemistry, *Chemistry Education: Research and Practice*, 5(2), 175-184, 2004.
- Mackworth, J.F., Some Models of the Reading Process: Learners and Skilled Readers, *Reading Research Quarterly*, 7(4), 701-733, 1972.
- Roberge, J.J., Flexer, B.K., Further Examination of Formal Operational Reasoning Abilities, *Child Development*, 50(2), 478-484, 1979.
- Ruiz, L., Prieto, T., Blanco, A., Las teorías de los estudiantes y el progreso en la comprensión de las disoluciones, *Enseñanza de las Ciencias*, No. Extra, VII Congreso Internacional sobre Investigación en la Didáctica de las Ciencias, 2005.
- Tourniaire, F., Pulos, S., Proportional Reasoning: A Review of the Literature, *Educational Studies in Mathematics*, 16, 181-204, 1985.
- Ver Beek, K., Louters, L., Chemical Language Skills, *Journal of Chemical Education*, 68(5), 389-392, 1991.
- Woodcock, D., Consultado por última vez en octubre 1, 2008, en la URL [http://www.molecularmodels.ca/probsol/a-e\\_a3.html](http://www.molecularmodels.ca/probsol/a-e_a3.html)

## ANEXO

**Este cuestionario forma parte de un proyecto de investigación educativa.  
Te solicitamos resolver individualmente los siguientes ejercicios usando sólo  
uno de los siguientes procedimientos:**

- RAZONES Y PROPORCIONES (REGLA DE TRES)
- FACTOR UNITARIO (FACTORES DE CONVERSIÓN)

1. Determina la molaridad de una disolución preparada con 172 g de azúcar (sacarosa, masa molar igual a 342 g/mol) en 100 litros de disolución.
2. Establece la masa en gramos para preparar 250 mL de disolución 0.15 mol/L con un soluto de masa molar 315 g/mol.
3. Determina la concentración molar de una disolución de HCl (36.5 g/mol) al 37% masa y densidad 1.19 kg/L.
4. Calcula la razón en masa de NaOH:H<sub>2</sub>O de una disolución 1.45 mol/L cuya densidad es de 1.18 kg/L
5. Determina cuántas moles de B hay en una disolución que tiene una fracción mol de A = 0.5 y 0.17 moles de A. (La disolución sólo está formada por A y B).
6. Determina la fracción molar de NaOH en una disolución preparada con una parte en masa de NaOH y 6 partes en masa de agua.
7. Una norma oficial mexicana NOM exige un patrón de AgNO<sub>3</sub> de 7.5% masa para un procedimiento determinado. El informe del laboratorio indica:
  - El técnico A prepara la disolución al disolver 8 g en 200 g de agua.
  - El técnico B disolvió 10 g con 75 g de H<sub>2</sub>O
  - El técnico C disolvió 15 g con 185 g de H<sub>2</sub>O

¿Cuál técnico se ajustó a la norma? ¿Quién la dejó más concentrada? ¿Quién más diluida?

8. Determina cuántos metros cuadrados pintó por hora cada operario si un equipo de nueve pintores tardó ocho horas en pintar una barda de 300 m<sup>2</sup> (todos pintaron a igual velocidad).
9. Calcula cuánta gasolina emplea un automóvil que consume 0.05 L/km cuando viaja a 80 km/h durante 1.30 horas.
10. Determina cuántos hombres hay en una población que tiene 1576 mujeres, que corresponden a una fracción de mujeres de 0.25.
11. Establece la razón de equipos de basketbol masculino (5 integrantes) respecto a equipos de volibol femenino (6 integrantes) que existe en una población deportiva que tiene 6 mujeres por cada hombre.
12. El estándar de producción de lavadoras en una planta de ensamble en Ciudad Juárez es de 7.5 minutos/aparato. El reporte de producción de los tres turnos de trabajo indica:

• Turno matutino (9 horas)	70 aparatos
• Turno vespertino (8 horas)	64 aparatos
• Turno nocturno (7 horas)	60 aparatos

¿Qué turno(s) no cumple(n) con el requerimiento? ¿Cuál turno es más eficiente? ¿Cuál produce más aparatos?