

Así resolvemos los profesores los problemas de química

Carlos Ortiz Mayordomo

IES 8 de Març, Alacant

1. Comentario introductorio

La presente comunicación es la continuación natural de una primera parte presentada en 1999 titulada ¿Cómo resolvemos los problemas de química?, en la que se intentaba poner de manifiesto la diversidad, cuando no la confusión, existente respecto a la simbología y los procedimientos resolutorios utilizados por diferentes profesionales, y en diferentes textos de química.

Se efectuó una revisión bibliográfica sobre 19 libros sobre la materia de diferentes niveles y orientaciones, desde 3º de ESO hasta textos de química general, en la que se puso de manifiesto el desacuerdo existente entre diferentes autores y editoriales en lo referente a procedimientos, simbología y unidades, elementos estos básicos de la manera de transmitir la ciencia a las nuevas generaciones.

En aquella ocasión se pasó a los asistentes al acto un cuestionario a contestar por el profesorado, predominantemente de enseñanza media, en el que se incluían una serie de preguntas relacionadas con la temática expuesta, y ello desde la perspectiva de intentar entender por qué la química resulta en ocasiones tan difícil para nuestros alumnos.

Conviene recordar de nuevo que existe obligación legal de adaptar la práctica de la ciencia y la técnica en general y de la química en particular al Sistema Internacional de Unidades. Los químicos y afines somos bastante resistentes a la generalización de unidades S.I., quizá por imposibilidad intrínseca, y nuestras unidades, simbología y metodología siguen siendo en general las tradicionales.

La terminología no es siempre suficientemente clara, y suele existir una cierta confusión verbal a la hora de diferenciar entre el trabajo a nivel nanoscópico o atómico-molecular y el trabajo a escala macroscópica o de laboratorio. Trabajamos con la materia a nivel macroscópico y la interpretamos desde la perspectiva atómico-molecular. Este salto de escala confunde a los estudiantes siempre que no se explicita con claridad.

Citábamos en el texto previo de 1999 la diferencia entre el grado de coherencia metodológica formal entre la física y la química, a favor de la primera, y comentábamos el hecho de que entre los químicos no termina de existir un acuerdo claro acerca de los métodos y simbología utilizados. Esta afirmación se hacía después de reflexionar sobre ella y contrastarla en una serie de libros de química al nivel de bachiller. Nos faltaba proceder a su comprobación práctica en nuestro medio más próximo, el de los profesores.

2. Lo que hacemos los profesores. respuestas al cuestionario

2.1 Comentario previo

Con el fin de contrastar la hipótesis de la falta de acuerdo entre el profesorado expuesta, se procedió a la elaboración de un cuestionario o encuesta, perfectible sin duda, pero ilustrativo en todo caso acerca de cual es nuestra realidad cotidiana. Sugeríamos que quizá “resolvemos los problemas como mejor sabemos” , en función de la estructura mental de cada docente, con lo que provocamos una cierta desorientación en los estudiantes al cambiar de profesor. En el cuestionario se propusieron algunos puntos de reflexión que afectan de un modo directo a la estructura mental que inducimos sobre los estudiantes de la materia, y se pretendía cubrir en alguna extensión los siguientes aspectos:

- Procedimientos utilizados. Existen al menos: la proporción directa o regla de tres, el factor de conversión, también conocido con otros nombres y la aplicación de fórmulas
- Simbología utilizada
- Unidades

Pretendíamos conocer mejor la situación en nuestro entorno con el fin de establecer algunas recomendaciones de tipo general que, partiendo de instancias con una cierta influencia, permitieran normalizar algo la enseñanza de la química, entendernos mejor entre nosotros, y favorecer el proceso de aprendizaje de nuestros alumnos.

Se recogieron 40 ejemplares contestados, aunque no todas las preguntas fueron respondidas por todos los encuestados, quedando en algunos casos en blanco. También se daba el hecho de que alguna de las cuestiones planteadas admitían más de una respuesta, por lo que algunos compañeros han usado más de una posibilidad. Quizá ésto es un defecto del cuestionario, aunque también se pretendía darle un cierto carácter abierto en algunos puntos, que incluso pudiese inducir a una confusión razonable. La consecuencia es que el total de respuestas a un ítem dado no siempre suma 40, pudiendo ser inferior o superior en función del criterio seguido por la mayoría de compañeros. Detallamos los resultados por partes, y utilizando como soporte la propia encuesta.

2.2. Cuestiones procedimentales

Son esencialmente las 6 primeras, sin pretender constituir compartimentos estancos. Siempre se puede discutir si tal aspecto estaría mejor clasificado como procedimiento, o símbolo, o unidad. Pero sin ánimo de pontificar, sino de intentar ordenar, y puesto que escribo en casa solo y ninguno me vais a decir

que no, permitidme clasificar a mi aire, que ya lo discutiremos después. Aquí se da el número de respuestas a cada opción.

Nótese que por ejemplo el uso de equivalentes, aunque en principio se podría decir que es tan solo una unidad, implica un cambio de mentalidad y de procedimientos respecto al uso del mol... Por cierto ¿Qué magnitud química se mide en la unidad *equivalente*...?

		Siempre o casi siempre	Con cierta frecuencia	Nunca o casi nunca	Otros
1.	Utilizo regla de tres o proporción directa	5	13	19	1
2.	Utilizo factor de conversión	19	8	13	
3.	Utilizo fracción unitaria o fracción equivalente	6	8	17	
4.	Utilizo fórmulas	13	12	12	
5.	Utilizo palabras (Ej: molaridad = moles/litros)	19	10	8	
6.	Utilizo equivalentes químicos	3	4	28	

Los propios números son casi su mejor comentario, pero resaltaremos algún aspecto:

- Se confirma que no tenemos muy buena imagen de la regla de tres o de la proporción directa, aunque tanpoco dejamos de utilizarla del todo.

- La mayoría de los compañeros utiliza factores de conversión, aunque también hay un buen número que no lo hace. Sin embargo muy pocos dicen utilizar sus sinónimos fracción unitaria o equivalente. Perdonadme si me equivoco (yo también me he enterado hace poco), pero algunos compañeros profesores llaman fracción unitaria o fracción equivalente al más generalmente denominado factor de conversión, Así que dad a los números la lectura que queráis, eso sí, ponedle humor.

- El uso de las fórmulas con símbolos ($n = m / M$) goza de desigual aceptación, siendo los números de las tres opciones prácticamente iguales. Sin embargo sí que utilizamos más las palabras en las fórmulas, lo que revela la poca familiaridad de los químicos con la simbología, que siempre debería resultar más cómoda.

- El equivalente químico está en franco desuso.

2.3. Los símbolos y las unidades

2.3.1. Lo que decimos los profesores

		Siempre o casi siempre	Con cierta frecuencia	Nunca o casi nunca	Otros
7.	Utilizo símbolos de las magnitudes	31	4	2	1

8.	Utilizo unidades (Ej: g/mol)	29	3	5	
9.	Utilizo unidades S.I.	30	8	2	
10.	Conozco los símbolos IUPAC-SI de las magnitudes	34	4		1

Afirmamos mayoritariamente conocer y utilizar los símbolos y las unidades del Sistema Internacional. Veamos la realidad.

2.3.2. Lo que dicen IUPAC-SI- IUPAP-ISO

Existe un gran número de magnitudes físico-químicas, por lo que resulta necesario contextualizar, ya que el mismo símbolo puede utilizarse con diferentes significados (c , velocidad de la luz, concentración...). Lo que ya es más difícil de digerir es que en el mismo contexto se utilice el mismo símbolo para dos magnitudes diferentes. Pues en el contexto de la química general lo hacen instituciones tan preclaras como las citadas. Veamos cuales son sus recomendaciones.

NOMBRE	SÍMBOLO	UNIDAD S.I.
Número de entidades	N	1
Cantidad (de sustancia)	n	mol
Constante de Avogadro	L, N_A	mol^{-1}
Masa (átomo, molécula)	m	kg
Masa molar	M	kg/mol
Masa molecular relativa (masa molar relativa, peso molecular)	M_r	1
Concentración en cantidad de sustancia	c	mol/m^3
Molalidad	m, b	mol/kg

Es necesario llamar la atención sobre algunos aspectos:

1. El símbolo m está duplicado, y en una nota la IUPAC así lo reconoce, por lo que sugiere como alternativa llamar a la molalidad b . También reconoce como unidad para esta magnitud la palabra "molal" simplificada en m , pero siempre como unidad, nunca como símbolo (ej.: $2 \text{ mol}/\text{kg} = 2 \text{ molal} = 2 m$)
2. La unidad de masa es obviamente el kg, aunque para la química ésto no siempre es tan claro. La unidad S.I. de masa molar es por tanto el kg/mol, nítidamente macroscópica, y diferente de la habitualmente utilizada, g/mol.
3. En relación con el punto anterior, la masa molecular relativa no tiene unidades, pero viendo los nombres atribuidos a esa magnitud (tres), parece que la cuestión tampoco está muy bien definida. Por ello se intenta aclarar en estos términos: "Para

moléculas, M_r es la masa molecular relativa o peso molecular... También puede llamarse masa molar relativa a M_r , siendo $M_{r,B} = M_B / M$, donde $M = 1 \text{ g/mol}$...". Como se ve, el asunto es diáfano y muy didáctico. Se confunde en el mismo símbolo un uso a escala atómico-molecular y otro a escala macroscópica... Necesita mejorar.

4. Como se aprecia, la casi universal molaridad tampoco sale muy bien parada, ya que no existe como tal, y por ello es necesaria otra nota aclaratoria. En ella se aceptan como símbolo los conocidos corchetes, y como unidad posible el mol/dm³ (por cierto ¿son exactamente iguales un litro y un dm³ ?), sustituible por la palabra molar y por M, aunque en éste caso sólo como unidad. (ej.: 2 mol/L = 2 M)

La propia IUPAC y otras instituciones similares arrastran una cierta confusión en terminología y unidades, dándose diferencias entre los planteamientos puramente teóricos y su aplicación práctica, más próxima a las unidades gramo y litro, consecuencia de la escala habitual de trabajo en el laboratorio. Estas son las unidades habitualmente utilizadas en la enseñanza de la química.

2.3.3. Lo que seguimos diciendo los profesores

Puesto que afirmamos conocer y utilizar las unidades S.I. y la simbología adecuada, veamos como pasamos la prueba. Las preguntas 11 a 15 se refieren con claridad a este aspecto, y lo mismo se puede decir de las diez restantes, aunque la 16, 17 y 18 están también referidas a comprobar hábitos verbales. Las respuestas han sido diferentes, aunque se agrupan en general en torno al mismo concepto. El total de respuestas a una cuestión dada puede ser superior a 40, ya que la misma persona puede usar más de un criterio en función del contexto en que se encuentre. Veamos las respuestas.

11. N representa:	Normalidad	24	y su unidad es	eq/L	22
	Número de partículas				7
	Número de Avogadro				4
12. m representa:	Molalidad	24	y su unidad es	mol/kg	17
	Masa	22		g	12
				kg	9

13. M representa :	Molaridad	34	y su unidad es	mol/L	28
	Masa molar	3		g/mol	3
14. M_R representa:	Masa molecular	23	y su unidad es	uma	10
				g/mol	6
15. c representa:	Concentración	22	y su unidad es	mol/L	7
				g/L	8
	Velocidad de la luz	10		m/s	10

16.	Suelo hablar de	masa	32	peso	gramos	otros
				1	2	1
17.	Si un problema pide la cantidad de un producto la doy en	moles	22	g	kg	"
				17	9	1
18.	Suelo hablar de ...	masa molar	9	peso molecular	masa molecular	"
				8	28	
19.	...lo simbolizo como ...	M	8	M_R	Pm	"
				12	13	6
20.	... y uso como unidad de esa magnitud	g/mol	17	g	u o uma	"
				2	18	1
21.	En cálculos con disoluciones suelo trabajar con	1 L	24	100 g	cantidad dada	"
				5	8	2
22.	Para simbolizar la molaridad suelo utilizar ...	c	4	M	molaridad	"
				33	5	1
23.	... y utilizo como unidad	mol/L	32	M	molar	"
				13	5	
24.	Para simbolizar la molalidad suelo utilizar ...	m	28	b	molalidad	"
				0	10	2
25.	... y utilizo como unidad	mol/kg	30	m	molal	"
				6	8	

De nuevo el mejor comentario es la revisión atenta de nuestras contestaciones y la comparación con los criterios IUPAC y con nuestras afirmaciones previas... Pues menos mal que conocemos la simbología IUPAC-SI. En general se da falta de coincidencia entre los criterios mayoritariamente utilizados y los propuestos por esa institución. No es extraño que confundamos a nuestros alumnos, particularmente en los niveles iniciales, tanto más si tienen que cambiar de profesor. Sería deseable una cierta normalización al efecto. Veamos las siguientes respuestas.

Los aspectos verbales también pueden inducir a confusión, ya que ante la misma magnitud, la terminología utilizada es variable, y a la inversa, ante una misma palabra (cantidad por ejemplo), podemos entender cosas diferentes. Las cuestiones 18 y 20 son especialmente sensibles a este aspecto, ya que en ellas estamos solapando aspectos macroscópicos y atómico-

moleculares. Es necesario deslindar nítidamente cada una de estas magnitudes de aproximación, situando al alumno con claridad meridiana en el contexto que estemos utilizando en ese momento. No es, no debe ser lo mismo masa molar que masa molecular, so pena de confusión total para el neófito.

En el capítulo de unidades se observa que somos bastante proclives a utilizar palabras. Otro detalle curioso es que a nadie se le ocurre dar la masa molar en kg/mol, como debería ser desde el respeto escrupuloso al S.I., aunque cabe discutir la conveniencia de la aplicación estricta de este sistema de unidades en el campo de la química general, ya que ésta se ha desarrollado con una fuerte influencia de las unidades gramo y litro. En definitiva, estamos hechos un lío, y así deben percibirlo nuestros alumnos.

3. La propuesta

Las bases de la posible propuesta de solución o al menos de mejora son sencillas:

1. Unificar criterios en terminología, simbología y unidades, adaptándonos a las propuestas de la IUPAC siempre que sea posible y favorable didácticamente.
2. Llegar a acuerdos en aspectos en los que las propuestas de IUPAC son manifiestamente mejorables a nivel de enseñanza de la química básica. Es particularmente importante precisar con claridad cuando hablamos a nivel macroscópico y cuando a nivel molecular.
3. Intentar converger en procedimientos de resolución de problemas, aproximándonos a la utilización de formulas del tipo de las de física básica. Este aspecto es el más difícil, ya que cada uno tiene su sistema, y con seguridad se presentarían inercias en un proceso convergente como el propuesto.

En lo referente a terminología, simbología y unidades, proponemos algunos cambios sobre la de IUPAC, orientados a mejorarla con criterios didácticos. O sea, la propuesta pretende simplificar, aclarar y evitar duplicidades, y hay que entenderla referida en principio a los niveles básicos de la química, con la finalidad de allanar el camino al principiante. Se marcan con un asterisco las diferencias con IUPAC.

<i>Magnitud</i>	<i>Símbolo</i>	<i>Unidad</i>	<i>Observaciones</i>
Número de entidades	<i>N</i>	* partículas (átomos, iones, etc.)	Importante didácticamente indicar la entidad
Cantidad (de sustancia)	<i>n</i>	mol	Unidad macroscópica

Constante de Avogadro	* N_A	* partículas. mol ⁻¹	L eliminado en niveles iniciales. Se incluye la palabra partículas (átomos, etc.)
Masa (general, átomo, molécula)	m	* g, (kg)	En general expresamos la masa de una muestra en gramos, unidad no SI
Masa molar	M	* g/mol (de átomos, moléculas, protones, etc.)	La misma observación, en problemas usamos casi siempre la unidad gramo, a pesar del SI. Nivel macroscópico
* Masa molecular relativa (peso molecular)	M_r	1 *u/molécula	Nivel molecular. No usar a nivel macroscópico. Preferible usar la unidad u (uma) como masa de una molécula, para diferenciar de gramo.
Masa atómica relativa (peso atómico)	A_r	1 * u/átomo	Igual que el punto anterior
*Molaridad o concentración molar	c	*mol/dm ³ mol/L	Nadie utiliza unidades SI en niveles iniciales de química, ni en la mayoría de los avanzados
Molalidad o concentración molal	* c_m	mol/kg	Con el cambio de símbolo se pretende evitar la duplicidad con la masa. Sí es unidad SI

$$n = N / N_A$$

$$n = m / M$$

$$c = n / V(L)$$

$$c_m = n_{Sto} / m_{Dte} (kg)$$

4. Conclusión

Los resultados del cuestionario casi se comentan por sí solos. Confirmamos la hipótesis inicial de que los químicos arrastramos una cierta confusión en lo que se refiere a los aspectos más tangibles de la forma de transmitir una parte de nuestra especialidad.

Como no podía ser de otra manera, las unidades S.I. quedan en un segundo plano en la resolución de problemas de química, y utilizamos en general el gramo y el litro en nuestros cálculos. No es este el lugar para discutir la conveniencia de usar estrictamente el S.I., pero con una mentalidad práctica, ésto no parece conveniente en niveles iniciales de química.

Hemos avanzado una propuesta de solución al desacuerdo imperante, enmendando incluso a la propia IUPAC, que puede servir de base para discusión posterior y sobre la que cabría desarrollar en otro lugar su aplicación práctica con más profundidad.

5. Bibliografía

ORTIZ C. *Algunas reflexiones sobre química y Sistema Internacional de Unidades (I): mol.* Química e Industria. Quibal, Vol 45 (7). pp 20-23. Julio-Agosto 1998.

ORTIZ C. *Algunas reflexiones sobre química y Sistema Internacional (II): gases, disoluciones y equilibrio.* Química e Industria. Quibal, Vol 45 (10). pp 23-27. Noviembre 1998.

ORTIZ C. *¿Cómo resolvemos los problemas de química?.* Actes de les III Jornades d'intercanvi d'experiències de física y química. AEFiQ Curie. Alicante 1999.

IUPAC. *Magnitudes, Unidades y Símbolos en Química Física.* Real Sociedad Española de Química. Ed. Centro de Estudios Ramón Areces. Madrid 1999.