

Tópicos para la mejor enseñanza de la química en el nivel de la educación básica

# 1 ‘moloch’ de pulseras. Cantidad de sustancia, una estrategia didáctica para enseñar este concepto en secundaria

Héctor García Ortega,<sup>1</sup> Ana María Alcocer Anguas,<sup>2</sup> Luceli María del Pilar Campos Peniche,<sup>3</sup> Ceydy Carmina Chan y Chan,<sup>4</sup> María del Carmen Mendoza Pérez,<sup>5</sup> Ileana Isabel Villanueva Medina<sup>6</sup>

## Abstract

This work is related with the concept ‘amount of substance’ and we introduce the development of a didactic strategy to teach this topic. We have carefully facilitated that the contents and their amplitude contribute to the understanding of the concept ‘amount of substance’ in the secondary level.

## Introducción

La Química, como todas las ciencias, utiliza un vocabulario especial con significados muy específicos. Una buena parte de la enseñanza y el aprendizaje de esta ciencia consisten en incorporar este lenguaje en forma tal que ayude a los alumnos a desarrollar la comprensión de los “Conceptos Químicos” (Sosa, 1999).

Es preciso resaltar la relevancia y la plena vigencia del problema didáctico que plantea la comprensión de la magnitud cantidad de sustancia y de su unidad el mol, debido a las repercusiones que tiene a nivel de enseñanza y aprendizaje de la química. Este problema no se limita a los errores de los estudiantes en la comprensión y la utilización de estos conceptos, sino que tiene que ver con las ideas del profesorado y con las metodologías utilizadas en la enseñanza de los mismos (Hierrezuelo, 2006).

El concepto de “cantidad de sustancia” resulta en el proceso Enseñanza-Aprendizaje una tarea difícil y bastante

complicada, y en muchas ocasiones se aplica sin tener una comprensión real de su significado. Esta confusión se debe a que el concepto de “cantidad de sustancia” requiere de un alto grado de abstracción, además de que ha sido definido de forma poco clara o equivocada en muchos libros de texto y a que su evolución a lo largo de la historia ha presentado diversas modificaciones.

Si el profesorado de química no tiene un significado claro del concepto “cantidad de sustancia y de su unidad el mol” esto implica graves consecuencias desde el punto de vista del aprendizaje del alumno. Conocer un concepto científico no consiste solamente en saber el significado preciso de su definición, sino que es necesario conocer en qué contexto surge, con qué otros conceptos se relaciona y diferencia, en qué condiciones socio-históricas se formó y qué cambios ha sufrido (Furió, 2002 y 2003).

Existen evidencias que sugieren que las dificultades pueden aparecer porque los maestros no son concientes de los significados y problemas que los alumnos tienen con estos términos, lo que empobrece el aprendizaje de los conceptos químicos que representan.

A menudo los estudiantes se encuentran con muchos términos diferentes en la química, cada uno con un significado específico para los químicos. Cuando aprenden las ideas básicas, dichos conceptos a menudo se confunden. La palabra “sustancia”, por ejemplo, puede intercambiarse con “molécula”, “materia” y en la mayoría de los casos la cantidad de sustancia se utiliza erróneamente como “número de moles” (Furió, 1999; Carrera, 2005-2006).

Los alumnos necesitan tener la oportunidad de comprender y aprender los significados químicos de los conceptos que se le enseñen en lugar de escuchar los términos que por inercia se repiten con las mismas palabras y enfocándose a problemas puramente numéricos sin dar la oportunidad a la comprensión de ellos.

Ya se ha mencionado que el concepto “cantidad de sustancia” resulta ser un concepto difícil de aprender por los alumnos. Debido a que el mol no es un concepto como se maneja en muchos casos —ya que mol es sólo una unidad— y la cantidad de sustancia es una magnitud difícil de imaginar por relacionar grandes números de partículas químicas con una pequeña magnitud, resulta ser un concepto algo abstracto y poco claro. Además, los cálculos químicos en donde se

<sup>1</sup> Facultad de Química, UNAM, México, DF.

**Correo electrónico:** hector.garcia@servidor.unam.mx

<sup>2</sup> Escuela Secundaria No. 68 “Edgar Eulogio Moguer Barrera”, Clave 31EES00821, Calle 11 s/n x 22 y 22-A, CP 97364, Tetiz, Yucatán.

**Correo electrónico:** ana\_alcocer1@hotmail.com

<sup>3</sup> Escuela Secundaria Técnica No. 1 “Silvio Zavala Vallado”, Clave 31DST0001A, Calle 41 # 438, CP 97150, Mérida, Yucatán.

**Correo electrónico:** xcanlol@gmail.com

<sup>4</sup> Escuela Telesecundaria No. 172G, Clave 31ETV0172G, Comunidad de Timul, Tahdziu, Yucatán.

**Correo electrónico:** cchanychan@yahoo.com.mx

<sup>5</sup> Escuela Secundaria No. 21 “Leona Vicario”, Clave 31EES0004E, Calle 33 s/n x 20, Sotuta, Yucatán.

**Correo electrónico:** eduvigez1@hotmail.com

<sup>6</sup> Escuela Telesecundaria No. 7 “Salvador Alvarado”, Clave 31ETV0007H, Comunidad de Emiliano Zapata, CP 97880, Oxkutzcab, Yucatán.

**Correo electrónico:** ileana\_0516@hotmail.com

**Recibido:** 8 de mayo de 2007; **aceptado:** 31 de julio de 2007.

aplica este concepto requieren de operaciones de proporcionalidad que muchas veces no son claros (Balocchi, 2006).

Para el aprendizaje de la química y en particular para la comprensión del concepto de cantidad de sustancia, se necesita que los alumnos de educación secundaria tengan desarrollado el nivel intelectual de las operaciones formales. Pero son pocos los alumnos de secundaria que han logrado este nivel, apenas han logrado llegar al nivel de las operaciones concretas, por lo tanto no manejan con soltura las razones y proporciones. Existe una distancia entre ambos niveles, pero Vigotski dice que existe una zona de desarrollo potencial máximo, en la cual afirma que puede mejorarse el aprendizaje de conceptos basados en operaciones formales, utilizando modelos concretos durante el proceso de enseñanza (Rosas, 2001; Kind, 2004). En otras palabras, si un alumno es guiado o conducido adecuadamente podemos llevarlo de un nivel intelectual a otro.

### Objetivo

Que los docentes realicen una secuencia didáctica que contenga actividades, juegos y trabajos prácticos con material común, de bajo costo para los alumnos, que faciliten la introducción del concepto “cantidad de sustancia”. Teniendo pues esta preocupación, en el presente trabajo se desarrolló una actividad sencilla con objetos comunes y cotidianos, a fin de aclarar y ayudar a que dicho concepto sea entendido fácilmente y aprendan su aplicación en la química.

### Secuencia didáctica: *Actividad 1. “Ponte Xux”* (Xux en maya significa listo, abusado).

Comenta con tus compañeros y profesor:

1. ¿Cuáles son las unidades de medida con las que se venden las frutas y verduras en el mercado?  
R= Atados, gruesas, manojos, kilos, docenas, etc.

2. ¿Cuántas naranjas hay en media gruesa?  
R= Una gruesa son 144 unidades, media gruesa son  $144/2 = 72$  naranjas.

3. En una huerta se cosechan 7,000 limas diarias. ¿Cuántas docenas de limas se cosechan por día?

$$R = \frac{7,000 \text{ limas}}{1 \text{ día}} \times \frac{1 \text{ docena}}{12 \text{ limas}} = 583.3 \frac{\text{docenas}}{\text{día}}$$

4. Con estas limas ¿cuántos costales de una gruesa se pueden llenar?

$$R = 7,000 \text{ limas} \times \frac{1 \text{ gruesa}}{144 \text{ limas}} \times \frac{1 \text{ costal}}{1 \text{ gruesa}} = 48.6 \text{ costales}$$

5. Con la misma cantidad de limas ¿cuántos pares se pueden formar?

$$R = 7,000 \text{ limas} \times \frac{1 \text{ par}}{2 \text{ limas}} = 3,500 \text{ pares.}$$

6. ¿Qué es más adecuado para esta cantidad de limas, contarlas por gruesa, por docenas o por pares?

R= Se sugiere dejar que el estudiante razone y argumente sobre las distintas formas de contar.

Ninguna es más conveniente que la otra, porque depende de lo que quieran hacer con las limas.

### Actividad 2. “1 moloch de pulseras”

(basado en Garritz, 2002)

Tus compañeros y tú han decidido elaborar pulseras de cuentas de colores para repartir en la ciudad como distintivos con el propósito de apoyar y difundir el cuidado del agua y las áreas verdes.

Azul – Agua; Verde – Áreas verdes; Dorado – Adorno



Se deben hacer 1,000 pulseras cuando menos, y cada una lleva 8 cuentas de cada color, son de materiales diferentes (azules-perlas, verdes-piedra y las doradas-metal). Las cuentas se venden por kilogramo.

Necesitamos: 8 cuentas  $\times$  1,000 pulseras = 8,000 cuentas de cada color por pulsera.

Ustedes creen que *¿si compran la misma masa (en kilogramos) de cada cuenta tendrán el mismo número de cada una de ellas?* Esto sólo sucederá si las cuentas tienen la misma masa pero sabemos que son de material y tamaño diferente entonces esto no es probable.

### ¿Cómo sabremos qué masa de cada tipo de cuenta hay que comprar?

*Procedimiento*

1. Vamos a estimar la masa de cada cuenta. ¿Cómo? Mediamos la masa de 50 cuentas de cada una de ellas.

Cuentas	Número de cuentas	Masa total (g)	Masa promedio de cada una (g)
Verdes	50	10	0.2
Azules	50	30	0.6
Doradas	50	40	0.8

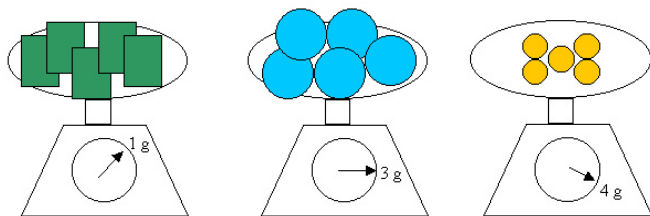
2. ¡Muy bien! Ahora vamos a obtener la masa relativa de las cuentas más grandes respecto a la más pequeña (es decir, cuántas cuentas de la de menor masa tendrán la misma masa que cada una de las otras cuentas). Así la de menor masa será nuestra unidad de masa relativa.

$$\text{Masa relativa (Mr)} = \frac{\text{Masa individual}}{\text{Masa menor}}$$

Cuentas	Número de cuentas	Masa total (g)	Masa promedio (g)	Masa menor (g)	Masa relativa (Mr)
Verdes	50	10	0.2	0.2	$\frac{0.2}{0.2} = 1$
Azules	50	30	0.6	0.2	$\frac{0.6}{0.2} = 3$
Doradas	50	40	0.8	0.2	$\frac{0.8}{0.2} = 4$

Ya tenemos la masa relativa de cada cuenta.

Con la balanza, determinemos cuantas unidades de cada cuenta son necesarias para tener una masa en gramos numéricamente igual a su masa relativa.



Ahora, cuenta las cuentas que tienes de cada color en las masas que acabas de medir.

Cuentas	Masa relativa	Número de cuentas en una masa en gramos numéricamente igual a la masa relativa
Verdes	1	5
Azules	3	5
Doradas	4	5

**¡ASOMBROSO!** Se obtuvo el mismo número de cuentas de cada una, 5 cuentas.

Esto sucede cuando se miden muestras en la misma proporción que la indicada por la masa relativa.

Teóricamente se puede obtener así:

$$\frac{\text{Masa en gramos que es numéricamente igual a la masa relativa}}{\text{Masa promedio de cada cuenta}}$$

Cuentas	Masa promedio de cada una (g)	Masa en gramos numéricamente igual a la masa relativa	Número de cuentas en una masa en gramos numéricamente igual a la masa relativa
Verdes	0.2	1 g	$\frac{1}{0.2} = 5$
Azules	0.6	3 g	$\frac{3}{0.6} = 5$
Doradas	0.8	4 g	$\frac{4}{0.8} = 5$

Nos damos cuenta que nos da el mismo resultado, esto es una constante.

El valor de la constante es: 5.

En cada masa relativa expresada en gramos hay:

**5 cuentas.**

Entonces podemos decir que en **una masa numéricamente igual a la masa relativa de cada una de las especies de cuenta habrá 5 cuentas.** Parece trabalenguas pero no lo es.

En esta parte se debe explicar lo que es una magnitud y una unidad de medida con algunos ejemplos que el profesor crea conveniente. Las definiciones que utilizamos son las siguientes (Carrera, 2005-2006):

Magnitud es la propiedad física que se puede medir (por ejemplo longitud, masa, tiempo, etc.).

Al patrón de medir le llamamos también Unidad de Medida (por ejemplo metro, kilogramo, segundo, etc.). Debe cumplir estas condiciones: 1. Ser inalterable, esto es, no ha de cambiar con el tiempo ni en función de quién realice la medida; 2. Ser universal, es decir, pueda ser utilizada por todos los países, y 3. Ha de ser fácilmente reproducible.

Una vez explicado y comparado con lo anterior podemos afirmar que con esto hemos inventado una nueva magnitud **“Cantidad de Cuentas”** y como toda magnitud debe de tener una unidad, estableceremos que el **“moloch”** (moloch en maya significa montón) será la unidad de nuestra magnitud **“Cantidad de Cuentas”**. Ahora, ¿cómo debemos interpretar esto? Que 1 moloch de cuentas contiene 5 cuentas y que la masa que siempre corresponde a 5 cuentas para cualquier tipo de cuenta es la masa relativa expresada en gramos de la cuenta de que se trate. A la masa en gramos que es numéricamente igual a la masa relativa la llamaremos **“Masa Molochal”** que significa que es la masa expresada en gramos de 1 moloch de cuentas (y recuerda que 1 moloch de cuentas contiene 5 cuentas) y por lo tanto tendrá las siguientes unidades **“gramo/moloch (g/moloch)”**.

Ahora podrías decir ¿qué masa en kilogramos debemos comprar de cada cuenta?

Esto es fácil si aplicamos el siguiente factor de conversión:

$$\left[ \frac{\text{número de cada cuenta a utilizar}}{1} \right] \left[ \frac{1 \text{ moloch}}{5 \text{ cuentas}} \right] \left[ \text{masa molochal} \frac{\text{gramos}}{\text{moloch}} \right] =$$

$$= \text{Masa total en gramos de las cuentas a utilizar}$$

¿Y si necesitáramos 10, 000 cuentas verdes?

$$\left[ 10,000 \text{ cuentas} \right] \left[ \frac{1 \text{ moloch}}{5 \text{ cuentas}} \right] \left[ \frac{1 \text{ g}}{1 \text{ moloch}} \right] = 2,000 \text{ g} = 2 \text{ kg}$$

¿o 15,000 doradas?

Número de cuentas	Número de cuentas en 1 moloch	Masa molochal (g/moloch)	Total de masa para cada cuenta
8,000	5	1	$[8,000 \text{ cuentas}] \left[ \frac{1 \text{ moloch}}{5 \text{ cuentas}} \right] \left[ \frac{1 \text{ g}}{1 \text{ moloch}} \right] = 1,600 \text{ g} = 1.6 \text{ kg}$
8,000	5	3	$[8,000 \text{ cuentas}] \left[ \frac{1 \text{ moloch}}{5 \text{ cuentas}} \right] \left[ 3 \frac{\text{g}}{1 \text{ moloch}} \right] = 4,800 \text{ g} = 4.8 \text{ kg}$
8,000	5	4	$[8,000 \text{ cuentas}] \left[ \frac{1 \text{ moloch}}{5 \text{ cuentas}} \right] \left[ \frac{4 \text{ g}}{1 \text{ moloch}} \right] = 6,400 \text{ g} = 6.4 \text{ kg}$

$$[15,000 \text{ cuentas}] \left[ \frac{1 \text{ moloch}}{5 \text{ cuentas}} \right] \left[ \frac{4 \text{ g}}{1 \text{ moloch}} \right] = 12,000 \text{ g} = 12 \text{ kg}$$

Entonces, como científicos debemos utilizar nuestra nueva magnitud “Cantidad de Cuentas”, y ésta tendrá relación con la masa de las cuentas a través de la “Masa Molochal” de la siguiente forma:

$$\text{Cantidad de cuentas (moloch)} = \frac{\text{Masa de las cuentas (gramos)}}{\text{Masa molochal de la cuenta (gramos/moloch)}}$$

Y la relación entre gramos y moloch para cada una de las cuentas de nuestro problema anterior queda de la siguiente forma:

$$1,600 \text{ g} \times \frac{1 \text{ moloch}}{1 \text{ g}} = 1,600 \text{ moloch de cuentas verdes}$$

$$4,800 \text{ g} \times \frac{1 \text{ moloch}}{3 \text{ g}} = 1,600 \text{ moloch de cuentas azules}$$

$$6,400 \text{ g} \times \frac{1 \text{ moloch}}{4 \text{ g}} = 1,600 \text{ moloch de cuentas doradas}$$

Como habrás observado para la misma “cantidad de cuentas”, es decir, 1600 moloch de las cuentas de diferentes colores, la masa no es la misma. Pero 1 moloch de cada cuenta tendrá la misma cantidad de cuentas (8,000 cuentas). Visto de otra forma, 1 moloch de cuentas tiene una masa diferente, que es la masa molochal, pero 1 moloch de cuentas contiene 5 cuentas.

Si generalizamos para todo tipo de cuentas podríamos formar una tabla de masas molochales, comenzamos con las que tenemos, y así podríamos saber cuánto comprar de cada cuenta para no desperdiciar y ahorrar costos.

Y el procedimiento de hacer las pulseras lo podríamos representar con una ecuación del proceso que sería la siguiente:

$$8 \text{ cuentas azules} + 8 \text{ cuentas verdes} + 8 \text{ cuentas doradas} = 1 \text{ pulsera}$$

Y con esta ecuación podemos hacer los cálculos necesarios para saber qué número de cuentas necesitamos para preparar un número de pulseras específico, ya sea por unidad de cuentas o por cantidad de cuentas (moloch de cuentas). La ecuación se puede leer de las siguientes formas:

**A.** 8 cuentas azules más ocho cuentas verdes más ocho cuentas doradas nos darán 1 pulsera.

**B.** 8 moloches de cuentas azules más 8 moloches de cuentas verdes más 8 moloches de cuentas doradas nos darán 1 moloch de pulseras.

Para concluir, se plantean una serie de preguntas dentro de las cuales se incluyen las siguientes:

- ¿Es mejor contar o medir?
- ¿Qué nos indica una masa relativa?
- ¿Qué se mide con la magnitud “cantidad de cuentas”?
- ¿Qué relación hay entre la magnitud que acabas de inventar “Cantidad de Cuentas”, con la magnitud cantidad de sustancia?
- ¿Qué relación hay entre las unidades “moloch” y mol?
- ¿Hay alguna semejanza entre la “masa molochal” y la masa molar?

### Actividad 3. “Explicación del tema por parte del profesor”

El profesor ahora puede explicar el tema de “Cantidad de Sustancia” haciendo uso de las similitudes entre lo que acaban de hacer y los conceptos químicos, históricos y matemáticos necesarios para lograr que los alumnos aprendan, comprendan y apliquen correctamente el concepto “Cantidad de Sustancia”.

### Conclusión

El haber realizado este trabajo nos permitió a los autores profundizar, entender, comprender y aplicar más este tema, diferenciar entre la magnitud “cantidad de sustancia” y su unidad el “mol”; asimismo, comprendimos las dificultades para enseñar este tema a los alumnos. A partir de todo esto

proponemos una estrategia didáctica para enseñar y conducir al estudiante de Educación Secundaria del Nivel de las Operaciones Concretas a las Operaciones Formales que requiere el tema de cantidad de sustancia. ■

### Bibliografía

- Balocchi, E., Modak, B., Martínez, M., Padilla, K., Reyes, F., Garritz, A., Aprendizaje cooperativo del concepto 'cantidad de sustancia' con base en la teoría atómica de Dalton y la reacción química, *Educación Química*, **17**(1), 14, 2006.
- Carrera, I., García-Ortega, H., Gómez-Tagle, P., Topete, H., Cantidad de sustancia, *Curso de Estrategias Didácticas para la Enseñanza de la Química*, 3ª ed., CNEQ, 2005-2006.
- Furió, C., Padilla, K., La evolución histórica de los conceptos científicos como prerrequisito para comprender su significado actual: el caso de la "cantidad de sustancia" y el "mol", *Didáctica de las Ciencias Experimentales y Sociales*, **17**, 55, 2003.
- Furió, C., Azcona, R., Guisasola, J., Revisión de investigaciones sobre la enseñanza-aprendizaje de los conceptos cantidad de sustancia y mol, *Enseñanza de las Ciencias* **20** (2) 229, 2002.
- Furió, C., Azcona, R., Guisasola, J., Dificultades conceptuales y epistemológicas del profesorado en la enseñanza de los conceptos de cantidad de sustancia y de mol, *Enseñanza de las Ciencias*, **17**(3) 359, 1999.
- Garritz, A., Gasque, L., Hernández, G., Martínez, A., El mol: un concepto evasivo. Una estrategia didáctica para enseñarlo, *Alambique. Didáctica de las Ciencias Experimentales*, **33**, 99, 2002.
- Hierrezuelo, J., Montero, A., *La Ciencia de los Alumnos: Su Utilización en la Didáctica de la Física y Química*, Ed. Fontamara; México, 2006.
- Kind, V., *Más Allá de las Apariencias*, Ed. Santillana, México, 2004.
- Rosas, R., Sebastián, C., *Piaget, Vigotski y Maturana (Constructivismo a Tres Voces)*, Ed. Aique, Buenos Aires, Argentina, 2001.
- Sosa, P., De Palabras, de conceptos y de orden, *Educación Química*, **10**(1) 57, 1999.

### Agradecimientos

Este trabajo fue desarrollado por los autores dentro del curso de Estrategias Didácticas para la Enseñanza de la Química en Secundaria 2006-2007, organizado por la Secretaría de Educación Pública del Estado de Yucatán y el Centro Nacional de Educación Química, a los cuales agradecemos las facilidades para la realización del mismo.