

# ESTIMACIÓN DEL NÚMERO DE AVOGADRO A TRAVÉS DE ESTRATEGIAS QUE LE DAN SENTIDO AL TRABAJO EXPERIMENTAL

CARRILLO CHÁVEZ, MYRNA; HERNÁNDEZ MILLÁN, GISELA y NIETO CALLEJA, ELIZABETH  
Facultad de Química de la Universidad Nacional Autónoma de México.

---

**Palabras clave:** Número Avogadro; Estrategias trabajo experimental.

## OBJETIVOS

- Guiar a los estudiantes en la comprensión de los conceptos de masa atómica relativa así como de cantidad de sustancia y su unidad el mol.
- Transformar un protocolo tradicional, introduciendo factores que favorezcan la construcción de conocimientos y le de sentido al trabajo práctico.
- Estimar la magnitud del Número de Avogadro a través de diferentes actividades experimentales.

## MARCO TEÓRICO

Sin duda, el concepto de *mol* es uno de los que más problemas plantea en la enseñanza de la química. Su dificultad es ampliamente reconocida en numerosos trabajos de investigación publicados en las últimas décadas en revistas especializadas en educación.

Gabel y Bunce (1994) indican que «debido que el mol es un concepto inventado por los científicos como ayuda en los cálculos de la química, las concepciones de los estudiantes, al respecto, difícilmente podrían ser consideradas como concepciones intuitivas. Surgen a causa de la instrucción insuficiente o de las estrategias de enseñanza inadecuadas». En este sentido, si en la enseñanza resulta confuso el concepto y además se hacen transposiciones erróneas del significado de la magnitud «*cantidad de sustancia*», es muy plausible que existan incomprensiones y errores conceptuales en el aprendizaje.

El aprendizaje del concepto de mol en los cursos de química es un problema sin resolver a pesar del gran número de investigaciones realizadas al respecto.

Al interpretar las causas por las que este concepto resulta tan complicado para nuestros alumnos, hay que tener en cuenta que cuando se introduce en las clases de química el mol es un término nuevo, que para su definición, interpretación y utilización, requiere la introducción del *Número de Avogadro*, un número tan grande que está más allá de la imaginación de los estudiantes, pero necesario para calcular el número de partículas que componen un sistema.

En ocasiones se recurre al uso de analogías al momento de introducir este concepto, para ayudar al alum-

no a buscar una relación entre el valor de este número y algo tangible relacionado con el mundo que conoce, sin embargo, lejos de facilitar la comprensión y aplicación de este número, se refuerza la idea de inasequibilidad. (Pozo, 2004)

En el aprendizaje del concepto de mol se detectan gran cantidad de errores conceptuales (Camaño y colaboradores, 1983) algunas de las razones tienen que ver con:

**a) Los químicos no se ponen de acuerdo en la definición de mol.**

Los químicos han discutido el significado de “un mol” durante los últimos cincuenta años. El mol ha adquirido tres significados (Vanesa Kind, 2003)

- 1) una unidad individual de masa
- 2) una porción de sustancia
- 3) y un número

Los profesores de química con frecuencia adoptan un enfoque simplista, en el cual el mol es una unidad de conteo.

Por otro lado, no hay consenso internacional respecto al uso de cantidad de sustancia.

**En 1971** el mol se definió como: *La cantidad de sustancia de un sistema que contiene tantas entidades elementales como átomos hay en 0.012 kg de carbono-12. Cuando se usa el mol, las entidades elementales deben ser especificadas, pudiendo ser átomos, moléculas, iones, otras partículas o grupos específicos de tales partículas.*

**La IUPAC en 2001** dice: *La cantidad física «cantidad de sustancia» o «cantidad química» es proporcional al número de entidades elementales –especificados por una fórmula química– de las cuales la sustancia está compuesta. El factor de proporcionalidad es el recíproco de la constante de Avogadro ( $6.022 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$ )*

**b) El mol se enseña como una idea matemática abstracta**

Con frecuencia se enseña el mol con un enfoque matemático que oculta el significado químico.

**c) Los estudiantes no tienen seguridad en la comprensión de los conceptos previos a mol.**

Antes de aprender lo relativo a mol, los estudiantes tendrán que entender claramente que las reacciones químicas producen nuevas sustancias; que la materia está hecha de diminutas partículas invisibles a simple vista y que los químicos tienen que ser capaces de medir con exactitud cantidades de sustancia, para poder controlar las reacciones químicas.

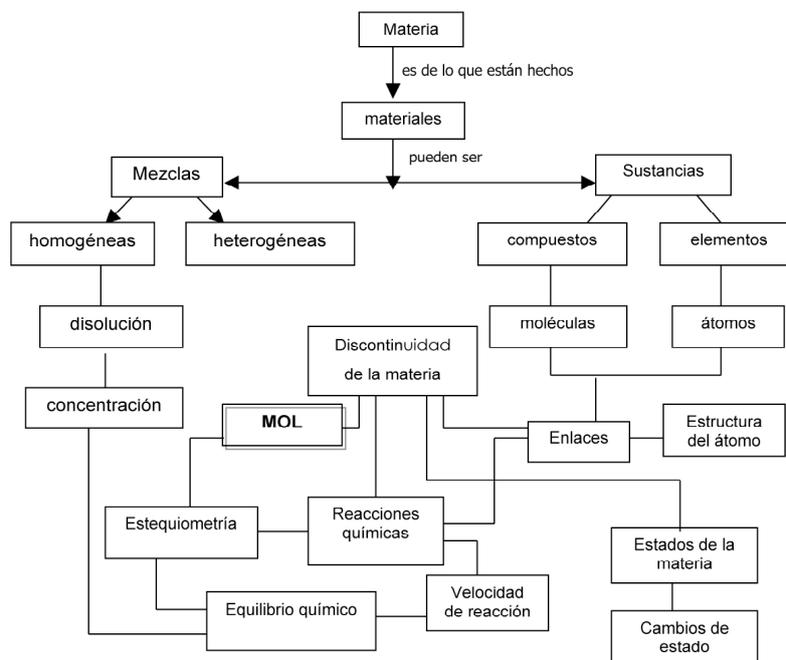
**d) El número de Avogadro no se puede “ver”**

El tamaño del número de Avogadro es demasiado grande para que pueda comprenderse a primera vista. Se puede dar a los alumnos una idea de su tamaño con ejemplos a nivel macroscópico, pero eso no asegura que puedan trasladarlo a nivel microscópico tan fácilmente, el concepto de mol implica el paso de lo *macroscópico* a lo *microscópico*, de lo *observable* a lo *no observable*.

El concepto de mol se relaciona con otros conceptos y áreas de la química, como se observa en el diagrama de la página siguiente.

## METODOLOGÍA DE TRABAJO

- Se realizó una revisión bibliográfica del concepto de mol y sus dificultades de aprendizaje.



- Se eligió la práctica “Las propiedades Físicas y su medición. El concepto de mol”<sup>1</sup> para transformarla incorporando varios de los elementos que se estudiaron en los módulos del Diplomado
- Se hizo un análisis crítico del guión, utilizando la red de análisis propuesta por el Dr. Martínez Torregrosa, en 2004.
- Se transformó el guión introduciendo los factores que a nuestro juicio favorecen la construcción del conocimiento.
- Se hizo un análisis crítico del guión, utilizando la red de análisis antes mencionada.
- Se probó parcialmente, en algunas de sus actividades.

## DESARROLLO DEL TRABAJO

### Resultados del análisis del guión elegido

Al reflexionar sobre las características que deberían estar presentes en los trabajos prácticos, se encontró que como está planteada, esta actividad no favorece la autonomía, la transferencia de conocimiento, la autorregulación, el trabajo en equipo, la elaboración de hipótesis, la metacognición y se utiliza simplemente como receta.

### Estrategia didáctica

*Este guión está dirigido fundamentalmente al profesor, ya que será el mediador entre el conocimiento y los estudiantes.*

Las actividades se presentan a través de un problema de interés que invita pensar, en donde se elaboran hipótesis, se diseñan experimentos, y se analizan los resultados, con una metodología que promueve:

- La comprensión de los procedimientos para hacer más fiables los datos.
- La realización adecuada de representaciones gráficas.

1. 33 *Prácticas de química para el bachillerato Tecnológico*. Coordinador: Andoni Garriz Ruiz. Consejo del Sistema Nacional de Educación Tecnológica. México 1991.

- El dominio de los instrumentos de medida.
- La selección y control de variables.
- El análisis de resultados.
- La autorregulación del trabajo.
- La Expresión oral y escrita.

Para ello se diseñaron actividades experimentales que servirán como antecedente a la realización de la práctica seleccionada. Las siguientes actividades tienen el propósito de guiar a los estudiantes en la comprensión de los conceptos de masa atómica relativa y cantidad de sustancia y su unidad el mol.

### Planteamiento del problema

Como no podemos ver los átomos ni las moléculas, se realizará un ejercicio para encontrar las masas relativas de canicas de diferentes tamaños y hacer una extrapolación para comprender las masas relativas de los átomos.

Este trabajo comprende la realización de dos actividades y tres ejercicios que van acompañados cada uno del comentario para el profesor. (Durante el Congreso se mostrarán)

### Guión transformado

Título: ESTIMACIÓN DEL NÚMERO DE AVOGADRO.  $N_A$

Una vez que ya tenemos establecido un modelo elemental para interpretar la medición indirecta de un número tan grande, en este caso el modelo corpuscular de la materia, ya que estamos hablando de partículas, se reflexiona sobre la importancia del **problema** y del interés que puedan tener los estudiantes, dándole un sentido a su estudio. **¿Cómo contar algo que no ven?**

### Introducción

Los Químicos usan el número de Avogadro cada día. Es muy valioso si se sabe como usarlo y se usa adecuadamente. ¿De dónde viene el número de Avogadro?, ¿Es un número arbitrario? ¿Qué tan grande es? ¿Cómo puede determinarse?

En este trabajo práctico vamos a tratar de encontrar el n° de moléculas que hay en una determinada cantidad de sustancia, partiendo del conocimiento de alguna característica de las moléculas determinada por otro procedimiento. En principio, si conociéramos la masa de una molécula (determinada mediante algún método que ahora no viene al caso) podríamos hallar el n° de moléculas que habría en una masa cualquiera de dicha sustancia. O, por ejemplo, si supiéramos que las moléculas de una sustancia tienen forma cúbica y cuál es el volumen de dicho cubo, podríamos hallar (o al menos, hacer una buena estimación) el n° de moléculas que hay en un trozo sólido o líquido de un volumen determinado de dicha sustancia, etc.

Claro está que llegar a conocer características de **una** molécula no es nada fácil. Para realizar la estimación del  $N_A$ , es necesario, pues, partir de una sustancia de la que dispongamos de información sobre propiedades de sus moléculas o podamos encontrarla. En nuestro caso, vamos a elegir un ácido graso, el ácido oleico, cuyas moléculas tienen una cadena formada por 18 átomos de carbono (el último en un grupo carboxilo que es fuertemente polar).

### Planteamiento del problema

Estimación del volumen de una molécula de ácido oleico (con el fin de utilizarlo para estimar el  $N_A$ )

Si conociéramos el volumen de *una molécula* (VM) de ácido oleico podríamos hallar el número de moléculas en un mol de ácido oleico.

El volumen total sería la suma de los volúmenes de todas las moléculas, luego el cociente  $V_{molar}/VM = N_A$

Por tanto, vamos a tratar de hallar el volumen de una molécula de ácido oleico.

### Objetivos

- Estimar experimentalmente de manera aproximada el número de Avogadro
- Comprender el por qué en Química, ante la imposibilidad de contar las partículas, se pesan las sustancias.

### **Estrategias para el Diseño experimental**

En una puesta en común se indican los aspectos fundamentales para la comprensión de la actividad experimental, tanto por su interés práctico como para confirmar y profundizar el modelo establecido. Esta práctica requiere de varias medidas indirectas e inferencias. **Para ello el profesor tendrá que guiar a los estudiantes en el planteamiento de estrategias de resolución. Sin perder de vista el objetivo que se persigue.**

Las propuestas de los alumnos, completadas y reformuladas por el profesor, llevan a establecer como aspectos fundamentales para la estimación del número de Avogadro, la **emisión de hipótesis** sobre las variables que influyen en la magnitud buscada, fundamentadas en los conocimientos disponibles y considerando las condiciones en que se va a realizar, selección y control de variables por ejemplo:

- a) ¿Por qué el ácido oleico? ¿Se podrían utilizar otras sustancias?, ¿cuáles?, ¿por qué?
- b) ¿Qué concentración de soluto y disolvente es más conveniente?
- c) ¿Qué medios de contraste utilizar?
- d) ¿Qué métodos hay para determinar áreas? ¿cuál es el más conveniente? ¿Por qué?
- e) ¿Qué materiales será mejor utilizar?

**Reflexiones:** Propiciar que los alumnos reflexionen sobre las siguientes preguntas:

1. ¿Por qué utilizar ácidos grasos?
2. ¿Por qué forman películas monomoleculares?
3. ¿Qué forma supone que tendrán las moléculas del ácido graso en la monocapa del experimento? Se puede realizar un dibujo, puedes pensar en diferentes formas geométricas, ¿cómo se acomodan las moléculas en la monocapa?
4. ¿Qué variables se deben considerar para la obtención de datos?
5. ¿De qué factores depende la formación de la capa monomolecular?

**Conviene aclarar a los alumnos que la capa de ácido graso obtenida se supone es de una sola molécula de espesor y que las moléculas son partículas idénticas.**

Como *actividades prelaboratorio* se les solicita a los estudiantes elaborar un mapa conceptual y hacer un diagrama de bloques de la secuencia del diseño experimental.

**Nota:** La metodología y los procedimientos seguidos por los estudiantes fueron diferentes, esto es con el propósito de favorecer una autonomía futura. (Durante el Congreso, se mostrará a detalle)

Los alumnos tendrán que **justificar el porqué** de una determinada estrategia o de tal o cuál procedimiento propuesto.

**Se debe prestar atención a:**

1. la actividad práctica en sí misma (montaje, manipulación, medidas...)
2. las dificultades prácticas y sus posibles soluciones
3. la toxicidad de los reactivos empleados
4. la obtención de medidas fiables
5. el análisis de los resultados
6. el trabajo en equipo
7. la comunicación oral y escrita

**Se sugieren siete actividades a los alumnos , cada una de ellas va acompañada del comentario para el profesor. (Durante el Congreso se mostrarán a detalle)**

### Comentarios finales

Se pretende que la investigación iniciada sirva para planear el estudio con otras variables o que sea motivo de otro trabajo experimental.

**Una puesta en común al final de la actividad resulta muy enriquecedora**, ya que esto conlleva a una reflexión sobre la metodología y procedimientos utilizados con el propósito de favorecer una autonomía futura.

### Actividades complementarias.

El número estimado resulta tan grande que los estudiantes tienen dificultades para representárselo, por lo que es conveniente que a través de algunas analogías adquieran una idea de la magnitud que este número representa. También debe quedar claro que los átomos y las moléculas son tan pequeñas que en 18 gramos de agua existen  $6.02 \times 10^{23}$  moléculas de agua.

Por otro lado, los estudiantes deberán comprender el porqué en lugar de contar los átomos, se pesa la sustancia.

Se anexan algunas analogías para establecer ¿Qué tan grande es el número de Avogadro?

- 1) Si pudieras viajar con la rapidez de la luz, te tomaría más de 62 000 millones de años recorrer  $6 \times 10^{23}$  kilómetros
- 2) Una pila de papel que tuviese  $6 \times 10^{23}$  hojas sería tan alta que llegaría de la Tierra al Sol, más de un millón de veces
- 3) Si se extendieras  $6 \times 10^{23}$  granos de arena en todo el estado de Sinaloa, la capa de arena tendría una altura de un edificio de 10 pisos

### CONCLUSIONES

Después de someter el guión transformado a la red de análisis propuesta por el Dr. Martínez Torregrosa, estamos concientes de que no hemos cubierto todos los aspectos que ahí recomiendan, entre otros, el enfoque CTS. Sin embargo consideramos que la actividad experimental presenta una mejoría en muchos de los aspectos considerados tales como: La elaboración de hipótesis, selección y control de variables, desarrollo de habilidades tanto procedimentales como del pensamiento, trabajo en equipo y la metacognición.

Algunas de las actividades de esta propuesta se han trabajado con un grupo de 60 estudiantes de primer ingreso a Licenciatura. Actualmente se está probando con un nuevo grupo de 58 estudiantes. Consideramos que el tiempo invertido valdrá la pena si adquieren las bases para temas que verán posteriormente como las reacciones químicas y la electroquímica. También contarán con más elementos en la resolución de los problemas de estequiometría.

### REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CAMAÑO, A., et al., (1983) Consideraciones sobre algunos errores conceptuales en el aprendizaje de la Química en el bachillerato, *Enseñanza de las ciencias*, 1, pp. 198-200
- FURIO, C. et al. (1993) Concepciones de los estudiantes sobre una magnitud « olvidada » en la enseñanza de la Química: La cantidad de sustancia. *Enseñanza de las ciencias*, 11(2), 107-114.
- GABEL, D.L. Y BUNCE, D. (1994) *Handbook of Research on Science Teaching and Learning. Research on problem solving: Chemistry*. New York, MacMillan Publishing Company.
- POZO, J. I., GÓMEZ CRESPO, M.A. (2004) *Aprender y enseñar ciencia*. Editorial Morata, 4ª. Edición. Madrid, España.
- KIND, V. (2003) *Más allá de las apariencias. Ideas previas de los estudiantes sobre conceptos básicos de química*. 2003, Editorial Santillana, pp. 97-106. México