

# Etiquete su molécula

Miguel García Guerrero<sup>1</sup> y Silvia Bello Garcés<sup>2</sup>

## Abstract (Label your molecule)

Molecular Structure is a theme enclosed in many official programs, from Junior High School to University courses. Often the students have problems to understand molecular behaviour, because they do not visualize their shapes. This paper is a didactic contribution to help teachers approach the subject, through the construction of two dimensional models, with the aid of commercial circular labels of different colors. The model is described as well as its advantages and limitations. The way it is used in several school levels is also included. Several examples are given.

## Resumen

El tema “Estructura Molecular”, no obstante ser de difícil comprensión para los educandos, se aborda en los cursos de Química de diversos niveles de escolaridad. Sería imposible comprender algunos temas esenciales para la formación del estudiante, si no se estudian con el apoyo de la estructura molecular.

El presente trabajo constituye una contribución didáctica para la enseñanza-aprendizaje del tema, que utiliza como recurso etiquetas de diversos tamaños y colores para representar estructuras moleculares. Se describe el modelo, la forma de utilizarlo en varios niveles de escolaridad y las ventajas y limitaciones del recurso didáctico. Se proporcionan diversos ejemplos.

## Introducción

El tema “Estructura Molecular” se aborda, directa o indirectamente, en los cursos de Química de diversos niveles de escolaridad. Sin embargo, es de difícil comprensión para los educandos porque su complejidad exige un alto nivel de abstracción, que pocos alumnos alcanzan en los primeros semestres de li-

cenciatura, muchos menos lo logran en el bachillerato y sólo algunos privilegiados lo han adquirido en la secundaria. Ante esta situación, cabría plantearse la posibilidad de que no se tratara ni en el nivel medio básico ni en el medio superior. No obstante, hay temas esenciales para la formación del estudiante que sería imposible comprender si no se estudian con el apoyo de la estructura molecular. Para citar sólo algunos ejemplos, ¿cómo se podría explicar la influencia nociva del ozono (Garritz, 1994) en la troposfera y benéfica en la estratosfera, sin el auxilio de modelos moleculares?; ¿o la formación y propiedades de los polímeros —materiales que hoy día requerimos para satisfacer numerosas necesidades que forman parte de nuestra vida cotidiana— (Fernández, (Ogawa), 1994), o el funcionamiento de las proteínas (ACS, 1988; Bascañán *et al.*, 1993), sin considerar su estructura molecular?

En virtud de que el tema forma parte de los programas oficiales de los cursos de Química desde el nivel medio básico (Educación Básica, 1993; ENP, Programa Oficial, 1997; CCH, Programa Oficial, 1996) hasta la licenciatura, se ve la necesidad de desarrollar apoyos didácticos o herramientas que faciliten al docente su enseñanza y al estudiante su aprendizaje.

## Objetivo

El presente trabajo constituye una contribución didáctica para introducir a los estudiantes a la representación esquemática de moléculas, a través de modelos de fácil elaboración y de acuerdo con los convenios internacionales de color, de manera que puedan contar con un recurso para iniciar la construcción del concepto de estructura molecular y facilitar la comprensión de las propiedades macroscópicas de las sustancias que se puedan inferir de la forma de sus moléculas.

## Descripción del modelo

Con etiquetas circulares de diversos colores y tamaños, que simbolizan a los átomos, se pueden representar diversas moléculas. Para ello, es importante seguir el código de colores usado internacionalmente (FMM, 1969). Así, el carbono se representará con una etiqueta negra, el hidrógeno con blanca, el nitrógeno con azul, el oxígeno con roja, el azufre con

<sup>1</sup> Departamento de Química Inorgánica y Nuclear, Facultad de Química, UNAM. Ciudad Universitaria, 04510 Coyoacán, México, DF.

Correos electrónicos: (1) rolivaga@prodigy.net.mx;

(2) bello@servidor.unam.mx

**Recibido:** 19 de marzo de 1999; **aceptado:** 10 de julio de 2000.

amarilla, los halógenos con su color correspondiente: cloro, verde; bromo, café rojizo; yodo, violeta, y los metales gris metálico. Los tamaños de las etiquetas se seleccionarán considerando *grosso modo* la proporción que guardan entre sí los radios atómicos, aunque únicamente se manejan cuatro tamaños de etiquetas.

Se recomienda empezar con la representación de moléculas muy sencillas, como las diatómicas homonucleares, de preferencia con aquéllas de sustancias que sean conocidas por el estudiante o de las que haya oído hablar en su actividad cotidiana, como el oxígeno ( $O_2$ ), el nitrógeno ( $N_2$ ) (Giddings, 1973; Flores, *et al.*, 1996) o el hidrógeno ( $H_2$ ) (Bascuñán *et al.*, 1993).

Para representar una molécula, se debe conocer primero su composición en cuanto al número y tipo de los átomos que la constituyen. Se escogen las etiquetas de acuerdo con su tamaño y color. Se coloca la parte engomada de las etiquetas sobre una hoja de papel Bond, sobreponiéndolas y se les puede hacer un corte para obtener la apariencia de los ejemplos que se ilustran en la figura 1. Nótese que las etiquetas se traslapan para representar la superposición de las nubes electrónicas en la formación del enlace, aunque de ello no se habla en los primeros contactos del estudiante con el tema (secundaria o bachillerato) y sólo se hará hincapié en esto cuando el alumno cuente con los recursos cognitivos correspondientes (licenciatura).

Más adelante se trabajará con estructuras más complejas, como la del ozono ( $O_3$ ) (Lewis, 1966) o la octatómica del azufre ( $S_8$ ). Aquí es importante que el profesor aporte o conduzca a los estudiantes a investigar la información que se ha obtenido experimentalmente y a partir de la cual se conoce la geometría molecular, para llegar a representar los ángulos que forman los átomos en las moléculas. Posteriormente, se abordarán moléculas heteronucleares, empezando por las diatómicas ( $HCl$ ), siguiendo con las triatómicas ( $H_2O$ ;  $CO_2$ ) y las poliatómicas ( $NH_3$ ;  $C_2H_5OH$ ). En la figura 1 se muestran algunos ejemplos de representaciones de diversas moléculas.

### Ventajas del uso de este recurso didáctico

- Para el estudiante es mucho más fácil entender temas abstractos cuando cuenta con representaciones concretas, que cuando sólo se utilizan símbolos abstractos (por ejemplo los de los elementos químicos). Aun los educandos que ya

se encuentran en la etapa del pensamiento formal de Piaget (Piaget, 1978), se benefician cuando se apoya la enseñanza con herramientas de este tipo.

- Ésta es una herramienta útil para visualizar la estructura molecular y facilita la comprensión del tema.
- Las características del modelo lo hacen accesible para los estudiantes de diversos niveles de escolaridad, de manera que puede abordarse como un juego o un rompecabezas y reúne el aprendizaje con la diversión.
- Los materiales empleados son baratos y accesibles por lo que cada estudiante puede construir numerosas estructuras, adquiriendo experiencia y, con ello, dominio sobre el tema.
- El alumno “aprende haciendo” y puede, en consecuencia, lograr aprendizajes significativos y correctos, con la supervisión de su profesor y la cooperación de sus compañeros.
- Este recurso es aplicable desde la secundaria hasta la licenciatura, dependiendo de la complejidad de las estructuras que se manejen.
- No se hace uso de palillos, alambres o resortes para representar el enlace químico. De este modo se evita reforzar el preconceito de la unión química como un dispositivo o aditamento que puede existir por sí solo, independientemente de la interacción entre los átomos (Salas, 1996).

### Limitaciones del recurso

No obstante las ventajas que se mencionaron anteriormente, este recurso tiene algunas limitaciones que el docente debe conocer para usarlo con el mayor provecho. Es importante hacer notar al estudiante que las moléculas reales no tienen la rigidez que se observa en estos modelos, que son tridimensionales y aunque tienen una geometría específica, los átomos están en constante movimiento y carecen de colores. El tamaño de las moléculas es mil millones de veces inferior a la etiqueta más pequeña que pueda utilizarse en su representación.

Cuando el modelo se usa en secundaria y bachillerato, no se considera muy relevante manejar la geometría molecular con gran precisión, por ello no se hace hincapié en la magnitud de los ángulos, excepto en algunos casos como el del agua. Las propiedades macroscópicas de esta sustancia se explican con menor dificultad si se propone forma angular para sus moléculas. También se pueden abordar el metano, el amoníaco y otras moléculas o

iones cuyas estructuras se encuentran ampliamente difundidas en la bibliografía y su estudio se puede acompañar de las referencias históricas pertinentes.

Si se desea conducir al estudiante a abstraer tres dimensiones en dos, lo cual es muy difícil de lograr aun con estudiantes de ciclos de escolaridad avanzados, es necesario recortar los modelos y hacerlos girar para que el estudiante perciba cómo el modelo bidimensional genera por revolución el tridimensional. También se puede recurrir a modelos tridimensionales elaborados con globos o esferas de diversos materiales; de allí pasar a los bidimensionales y de nuevo regresar a los tridimensionales.

### El caso del agua como ejemplo de uso del recurso didáctico

Como en el uso didáctico de todo modelo, es importante partir de las propiedades macroscópicas de la sustancia en estudio. En el caso del agua, se abordarían su composición química; sus puntos de ebullición y de congelación, en el nivel de secundaria. En el bachillerato puede agregarse su densidad y viscosidad y en la licenciatura su tensión superficial y constante dieléctrica. El docente deberá aprovechar todo ello para conducir al estudiante hacia la necesidad de utilizar un modelo molecular que permita explicar estas propiedades.

Conviene hacer una referencia al desarrollo histórico de la representación simbólica de las moléculas, haciendo énfasis en las dificultades experimentales que hubieron de superarse para llegar a comprender que el compuesto está formado por dos partes de hidrógeno y una de oxígeno. Es importante llevar al estudiante a apreciar las vicisitudes que implicó la definición de los conceptos de átomo y molécula, a lo largo de casi un siglo, con la contribución experimental de numerosos científicos.

Se explicará que históricamente se han usado símbolos diferentes para representar a los átomos que forman las moléculas. Ahora se emplearán etiquetas de colores y tamaños diferentes para representar a los átomos de hidrógeno y de oxígeno.

Se pedirá a los alumnos que elaboren representaciones de la molécula de agua, utilizando las etiquetas, siguiendo el camino descrito anteriormente. Se procederá a analizar cada propuesta, tratando de vincular las implicaciones que tendría cada propuesta con las propiedades macroscópicas del agua y explicando cuáles modelos habrán de desecharse, por no estar de acuerdo con las valencias del hidró-

geno y del oxígeno, o con sus configuraciones electrónicas, dependiendo del ciclo escolar.

Seguramente las propuestas finales serán una con los tres átomos en forma lineal y otra en forma angular, como se representan en la figura 2.

Estas propuestas se compararán con las representaciones simbólicas de Lavoisier, de Dalton, de Berzelius y de Lewis. Además, se analizará cada una de las propuestas finales elaboradas por los alumnos y se verá que con la forma lineal no se explican ni el alto punto de ebullición, ni el hecho de que el agua sea un líquido en un amplio ámbito de temperaturas. En cambio, con la forma angular sí se pueden inferir éstas y otras propiedades. En el ciclo de licenciatura, el recurso didáctico puede utilizarse para explicar las propiedades macroscópicas del agua a través de interacciones intermoleculares anisotrópicas vigorosas, llamadas “puente protónico” (Rayner-Canham, 1997). Así, se llegará a cuestionar la existencia de moléculas  $H_2O$  independientes, en el estado líquido.

### Experiencia de aplicación

Esta propuesta se puso en práctica en un curso de formación de profesores, impartido a treinta docentes de Química, de nivel medio y medio superior. Se realizó como una actividad en la que, sin muchas indicaciones, los participantes construyeron diferentes moléculas.

El recurso didáctico despertó interés entre los profesores; muchos comentaron la facilidad, la rapidez y la economía para armar las diferentes moléculas. Al mismo tiempo, consideraron la utilidad didáctica y propusieron que los estudiantes peguen las representaciones de las moléculas en sus cuadernos de trabajo.

### Conclusiones

Por la sencillez del recurso didáctico descrito se puede aplicar con éxito en diversos niveles de escolaridad, facilita la comprensión de la estructura molecular y favorece el desarrollo de habilidades psicomotoras y del pensamiento.

Es necesario aplicar este recurso didáctico con un mayor número de estudiantes y profesores, para descubrir sus alcances en la práctica. ☒

### Bibliografía

Bascuñán, A., S. Bello, G. Hernández, P. Montagut y R. Sandoval, *Química I y II*, Limusa, México, 1993 y 1994, p 113, 162 y 210.

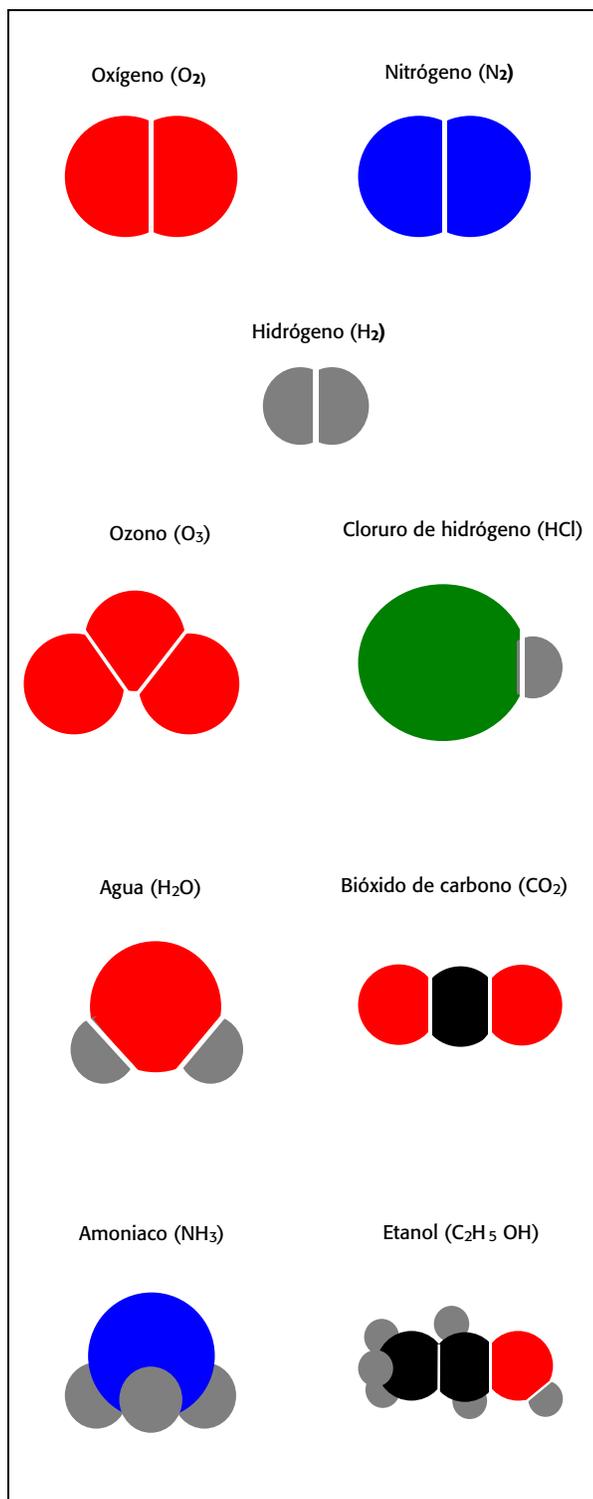


Figura 1. Ejemplos de representaciones de diversas moléculas.

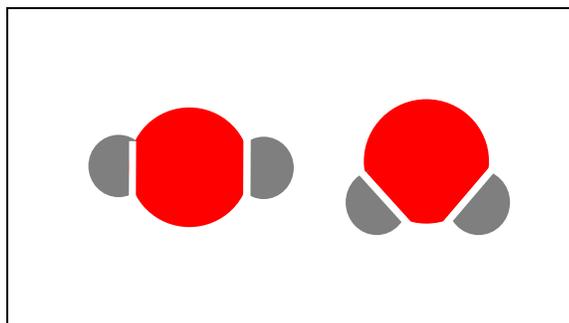


Figura 2. Dos representaciones diferentes para la molécula  $H_2O$ . (Al final del artículo, en la tercera de forros, podrá ver una reproducción en colores de estas figuras.)

- Cellerier, G., *El pensamiento de Piaget, estudio y antología de textos*, Ediciones Península, Barcelona, 1978.
- Educación Básica, Secundaria, Plan y Programas de Estudio*, SEP, México, 1993, p. 94.
- Escuela Nacional Colegio de Ciencias y Humanidades, Programa de Química II*, UNAM, 1996, p. 28.
- Escuela Nacional Preparatoria, Programa de Química III* (Clave 1501), UNAM, 1997, p. 6.
- Fernández, R. (editor), *La Química en la Sociedad*, Ogawa, M., "Materiales Poliméricos", Programa de Integración de Docencia e Investigación (PIDI), UNAM, México, 1994, p. 167.
- Flores de L., T., M. García G., C. García de D., A. Ramírez de D., *Química*. Publicaciones Cultural, México, 1996, p. 9, 22.
- Framework Molecular Models* (FMM), Instructivo que acompaña a modelos moleculares, 1969.
- Garritz, A. y J.A. Chamizo, *Química*, Addison-Wesley Iberoamericana, México, 1994, p. 413.
- Giddings, J.C., *Chemistry, man and environmental change, An integrated approach*, Canfield Press, San Francisco, 1973, p. 117.
- Lewis, G.N., *Valence and the structure of atoms and molecules*, Dover Publications Inc., New York, 1966, p. 130. Edición facsimilar de la obra de Lewis publicada por The Chemical Catalog Company, Inc., en 1923.
- Rayner-Canham, G., *Descriptive Inorganic Chemistry*, W.H. Freeman and Co., New York, 1997, p. 319.
- Salas, C. *Repaso y Aprendo, Biología 2*. Cuaderno de Trabajo, Limusa-Noriega Editores, México, 1996.