

## EL LENGUAJE GRÁFICO DE LA QUÍMICA: UNA PERSPECTIVA PARA EL ANÁLISIS DE ERRORES

**BEKERMAN, D. (1) y GALAGOVSKY, L. (2)**

(1) Química Orgánica. Universidad de Buenos Aires [dianabekerman@gmail.com](mailto:dianabekerman@gmail.com)

(2) Universidad de Buenos Aires. [lyrgala@qo.fcen.uba.ar](mailto:lyrgala@qo.fcen.uba.ar)

---

### Resumen

A pesar de la cotidianeidad del fenómeno de disolución, su comprensión es difícil para los estudiantes. El objetivo de este trabajo es analizar errores de estudiantes que realizan representaciones gráficas sobre “*cloruro de sodio disuelto en agua*”, mediante la definición, diferenciación y detección de “Iconemas Químicos” e “Íconos Químicos” (IQ), elementos gráficos derivados de la semiótica de la imagen.

---

A pesar de la cotidianeidad del fenómeno de disolución, su comprensión a nivel de partículas es difícil para los estudiantes que inician cursos sobre ciencias, tal como lo muestran numerosas investigaciones (Kelly y Jones, 2008). Frecuentemente, estas fallas se fundamentan como debidas a “ideas previas erróneas” (“misconceptions”) sin haberse establecido aún posibles causas sobre tal aparición y persistencia.

### Objetivo

Nuestra propuesta tiene como objetivo presentar un posible origen para la generación de respuestas gráficas erróneas por parte de estudiantes que interpretan la disolución microscópica del cloruro de sodio en agua, teniendo en cuenta elementos de semiótica de la imagen (Barthes, 1964) y del Sistema de Procesamiento de la Información (SPI) (Ericsson y Simon, 1999).

## Marcos teóricos

*Semiótica de la imagen:* Desde sus trabajos pioneros Barthes propuso distinguir dos signos diferentes como constitutivos del lenguaje visual: “Íconos” (Ic) e “Iconemas” (Icnm). Un Ic expresa un mensaje decodificable para el lector (un Ic es el homólogo de la “palabra” para el lenguaje verbal). Un Ic puede estar formado por un conjunto de Icnm; éstos son rasgos aislados de un dibujo – o de una composición gráfica – que no tienen significación propia (homólogos de los “monemas” del lenguaje verbal).

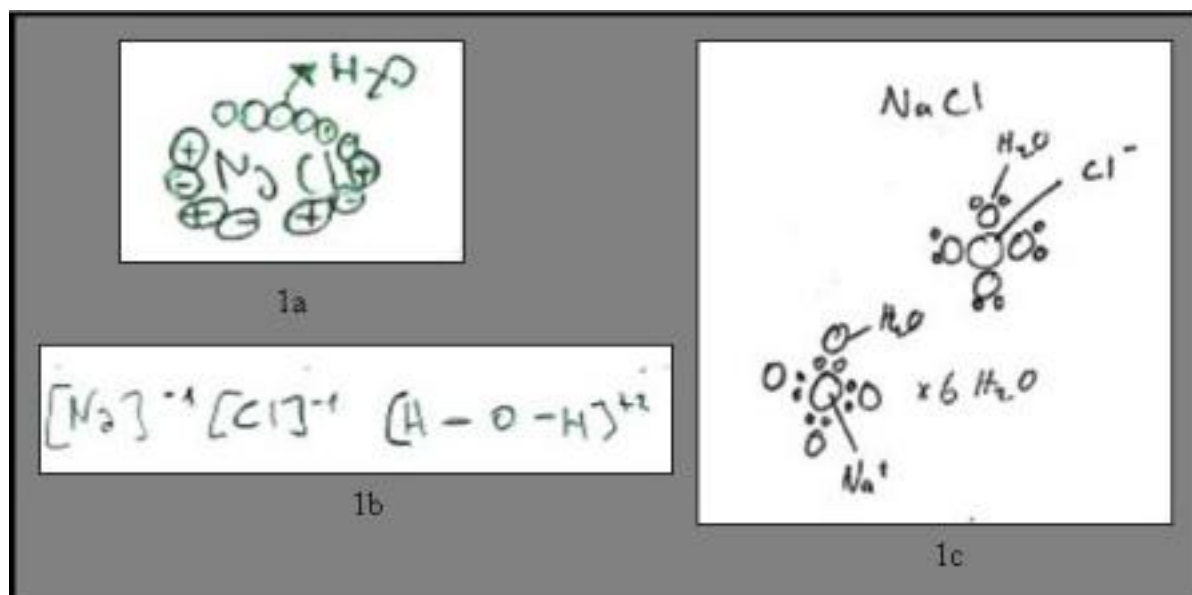
*Sistema de Procesamiento de la Información:* Ericsson y Simon (1999) analizaron en sujetos humanos la formación de respuestas originadas por recuperación de información guardada en Memoria de Largo Plazo (MLP), proviniendo ésta de aprendizajes previos.

Estos autores propusieron un modelo de SPI en el cual los elementos guardados en la MLP son denominados “señaladores”, los estímulos de búsqueda desde la Memoria de Corto Plazo (MCP) hacia la MLP son denominados “anzuelos”, y las evocaciones traídas a la Memoria de Trabajo (MT) consistirían en asociaciones “anzuelo-señalador”.

Otras investigaciones sobre las capacidades de memoria en humanos han señalado coincidentemente que la MCP es el factor limitante del SPI ya que sólo puede mantener en la atención consciente  $7 \pm 2$  unidades de información. Esta limitación del sistema cognitivo conduce a que informaciones complejas resultan difíciles de procesar (aprender o memorizar).

## Desarrollo y Resultados

En la Figura 1 se muestran tres dibujos erróneos efectuados por estudiantes que debían representar microscópicamente el sistema material “*cloruro de sodio disuelto en agua*”. Las figuras 1a y 1b corresponden a sendos estudiantes de secundaria (asignatura Química, 4º año del Bachillerato de una escuela pública de la Ciudad de Buenos Aires); la metodología para la obtención de estos casos fue publicada en trabajos previos (Bekerman, 2007). La figura 1c proviene de un trabajo publicado en el *Journal of Chemical Education* y corresponde a un estudiante del primer curso de Química General de una Universidad del Oeste de EEUU (Kelly y Jones, 2008).

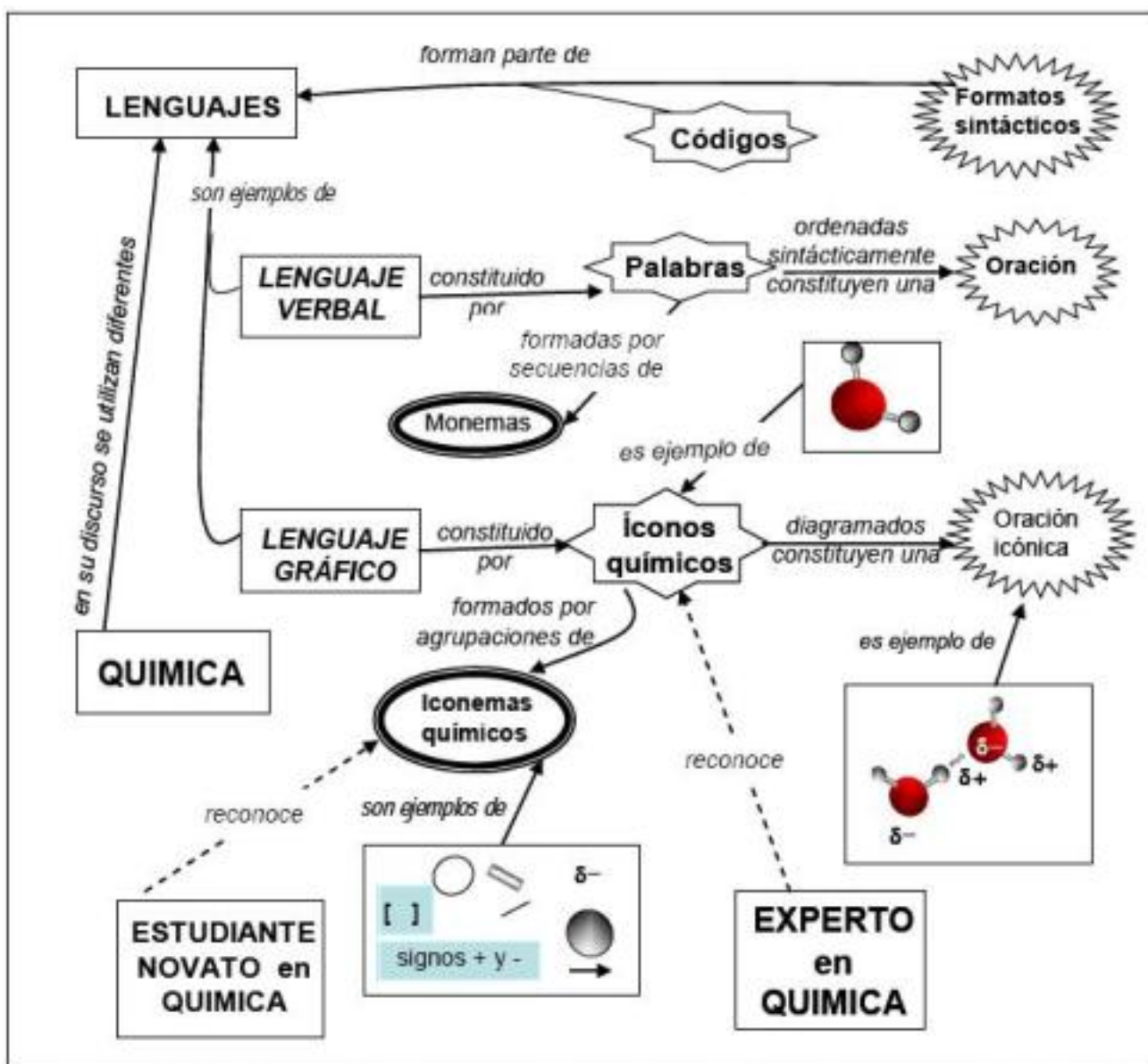


**Figura 1: Tres casos de errores en respuestas gráficas que representan al “cloruro de sodio disuelto en agua”**

## Análisis de los resultados

Partiendo del marco teórico de Barthes, proponemos que los expertos en Química podemos identificar en un dibujo químico aquellos “Íconos Químicos” (IcQ) que son partes con significado preciso, y, a su vez, reconocer en ellos sub-partes componentes, es decir, “Iconemas Químicos” (IcnmQ). Estos últimos son elementos aislados dentro del dibujo (tales como signos matemáticos, corchetes, esferas, fórmulas químicas, etc.) que, en sí mismos, no aportan mensajes precisos (Bekerman, 2007). A su vez, podríamos decir que un dibujo – con varios IcQ – constituiría una oración icónica (analogando el concepto de “oración” del lenguaje verbal). La Figura 2 muestra una red conceptual en la que se presentan en forma comparativa códigos y formatos sintácticos del lenguaje verbal, y del lenguaje visual adaptado al lenguaje gráfico de la Química.

Partiendo del marco teórico del SPI y considerando la limitación en la capacidad de procesamiento de información compleja, proponemos que los alumnos que inician sus aprendizajes en el tema de soluciones recibirían por parte de docentes y textos abundante información verbal y gráfica, que les resultaría de difícil comprensión (procesamiento). En el proceso de aprendizaje, por lo tanto, llegarían a guardar elementos desorganizados de dicha información en sus MLP que, para el caso de dibujos – o gráficos – consistiría en percibir y memorizar como “señaladores” a “iconemas químicos” (fragmentos aislados de información). Posteriormente, en el momento de la evocación, estos alumnos utilizarían heurísticos para armar sus respuestas, trayendo a sus MT dichos elementos gráficos aislados – como asociaciones anzuelo-señalador (Ericsson y Simon, 1999)– y completándolos con “información que debió haber sido”. Durante la organización de la respuesta a partir de la evocación de elementos gráficos aislados se producirían recombinaciones de dichos elementos, que podrían resultar evidentemente erróneas para los expertos.



**Figura 2: Red conceptual comparativa entre códigos y formatos sintácticos de lenguaje verbal y del lenguaje gráfico de la Química.**

El Cuadro 1 presenta para cada respuesta gráfica errónea de la Figura 1 un desglosamiento desde el marco interpretativo precedente. Se analizan en cada caso los iconemas químicos utilizados por los estudiantes, comparando el contexto de significación correcta en el cual los expertos utilizamos dichos iconemas químicos y el contexto erróneo utilizado por los estudiantes.

Casos incorrectos de la Figura 1	IconmQ aisladamente correctos	IQ incorrecto
Figura 1a	La fórmula del compuesto cloruro de sodio es NaCl.	La fórmula NaCl no indica cloruro de sodio disuelto en agua.
	Los signos “+” y “-” significan cargas	Sólo los iones tienen cargas netas; las moléculas de agua tienen densidades de carga (dipolos permanentes).
	Circunferencias representan partículas. Con carga neta en su interior representan iones.	El agua aparece representada con circunferencias con carga neta.
	Un máximo de seis moléculas rodea a cada ion solubilizado.	Traducción gráfica incorrecta de la proposición verbal “el agua rodea al soluto”.
	Los iones se escriben entre corchetes, señalando la carga del ion en el extremo superior derecho. El ion sodio tiene carga positiva.	El agua no es un compuesto iónico. El ion sodio aparece con carga negativa y el agua con carga positiva.
Figura 1b	Los sistemas materiales son eléctricamente neutros, las cargas de los iones se compensan.	La neutralidad se logra entre cationes y aniones. El agua no interviene en las cargas netas.
	Las moléculas de agua están formadas por dos hidrógenos y un oxígeno en una distribución espacial no simétrica. Esto origina una polaridad.	La configuración espacial de los átomos en la molécula de agua le otorga una polaridad que define densidades de carga permanente.
Figura 1c	Las moléculas de agua rodean a los iones y orientan su polaridad de tal manera de neutralizar la carga del ion que solubilizan.	La orientación de polaridades de las moléculas de agua es incorrecta.

**Cuadro 1: Comparación entre la utilización correcta de Iconemas Químicos para representar al cloruro de sodio disuelto en agua que realizaría un experto, y las utilizaciones incorrectas realizadas por tres estudiantes (casos mostrados en la Figura 1).**

## Conclusiones

Un experto utiliza numerosos modelos mentales en la comprensión de un tema y emplea en sus explicaciones diversos lenguajes en forma complementaria y/o redundante – tal como lenguaje verbal, gráfico, de fórmulas químicas o matemáticas–con la expectativa de aportar mayor claridad a su discurso. Sin embargo, esta cantidad de información podrá resultar abrumadora para la capacidad de procesamiento cognitivo de los estudiantes novatos.

Discriminar en un dibujo químico sus "Íconos o Iconemas Químicos" requiere considerar que la información que se presenta en dicho dibujo es leída idiosincrásicamente, según sea el lector un experto o un novato (Galagovsky y cols., 2009).

La importancia del análisis propuesto en el presente trabajo radica en su potencialidad de ser aplicado a la interpretación de diferentes tipos de respuestas erróneas, abriendo el camino a nuevas investigaciones sobre las dificultades de los estudiantes frente al aprendizaje de las ciencias.

### Referencias bibliográficas

BARTHES, R. (1964). Retórica de la imagen. *Recherches sémiologiques, Communications N°4*. Paris: Editions du Seuil.

BEKERMAN, D. (2007). La utilización de la imagen en los procesos de Enseñanza y Aprendizaje de Química Orgánica. Tesis Doctoral. Facultad de Farmacia y Bioquímica, Universidad de Buenos Aires.

ERICSSON, K. A., SIMON, H. A. (1999). *Protocol Analysis: Verbal Reports as Data*, 3a edición, Cambridge: MIT Press.

GALAGOVSKY L., DI GIACOMO M. A. y CASTELO V. (2009). Modelos vs. dibujos: el caso de la enseñanza de fuerzas intermoleculares. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 8(1), pp.1-22. Vigo, España.

[http://www.saum.uvigo.es/reec/volumenes/volumen8/ART1\\_Vol8\\_N1.pdf](http://www.saum.uvigo.es/reec/volumenes/volumen8/ART1_Vol8_N1.pdf)

KELLY, R. M; JONES, L. L. (2008). Investigating students' ability to transfer ideas learned from molecular animations of the dissolution process. *Journal of Chemical Education*, 85 (2), pp. 303-309.

### CITACIÓN

BEKERMAN, D. y GALAGOVSKY, L. (2009). El lenguaje gráfico de la química: una perspectiva para el análisis de errores. *Enseñanza de las Ciencias*, Número Extra VIII Congreso Internacional sobre Investigación en Didáctica de las Ciencias, Barcelona, pp. 496-501

<http://ensciencias.uab.es/congreso09/numeroextra/art-496-501.pdf>