

La importancia del lenguaje en la enseñanza y el aprendizaje de la estructura atómica: análisis de representaciones del átomo de estudiantes de Química I

Ramírez, S. ⁽¹⁾ y Fleisner, A. ⁽²⁾

^{1,2} Departamento de Ciencia y Tecnología, Universidad Nacional de Quilmes, Roque Sáenz Peña 352 (B1876BXD) Bernal, Buenos Aires, Argentina.

¹ sramirez@unq.edu.ar, ² afleisner@unq.edu.ar

² afleisner@unq.edu.ar

Resumen

Las y los estudiantes construyen representaciones de la estructura atómica que difieren de las aceptadas por la comunidad científica. Esto ocurre aún luego de haber cursado asignaturas en las que se desarrolla el tema a través de diferentes estrategias de enseñanza. En este trabajo nos proponemos analizar las siguientes cuestiones: la concordancia (o no) entre las descripciones textuales y las representaciones gráficas que las personas estudiantes hacen del átomo, el uso del lenguaje técnico disciplinar y la noción de representación. El objetivo es estudiar la influencia del lenguaje en la enseñanza y el aprendizaje de la estructura atómica y proponer lineamientos básicos para mejorar la enseñanza de dichos contenidos.

El análisis se hizo sobre las producciones escritas de un grupo de 42 estudiantes de tres cursos de Química I de la Universidad Nacional de Quilmes (UNQ), que tenían aprobado el eje de Física y Química del Ciclo Introductorio.

Palabras clave: Representaciones, lenguaje, estructura atómica, universidad, química

Introducción

La construcción de modelos escolares debería promover el pensamiento teórico y abstracto que supere al meramente empírico en torno a los fenómenos naturales (Izquierdo-Aymerich, Sanmartí y Espinet, 1999; Davidov, 1998). En química es importante que el estudiantado pueda pensar en términos de átomos o moléculas para explicar algunos hechos, así como también en explicaciones multicausales, en posibles soluciones a situaciones problemáticas, haciendo inferencias a partir de datos y siendo críticos en la obtención de resultados. En el proceso de construir modelos, se busca que aprendan a pensar científicamente. Por este motivo es fundamental, al enseñar teorías y modelos de la estructura atómica, partir desde sus concepciones.

Los modelos escolares son abstractos; ideas asociadas a un objeto o a un hecho que permiten caracterizar su estructura y comportamiento en ciertas condiciones. Los modelos incluyen “la construcción teórica de entidades como objeto de estudio (partícula,...), la descripción de éstas empleando conceptos asociados a atributos (energía,...), y otros que establecen relaciones entre aquellos conceptos (fuerza,...) que dan cuenta de los procesos y estados involucrados” (Concari, 2001, p.90).

Las teorías científicas están compuestas de modelos organizados y jerarquizados. La relación entre modelo y teoría es bidireccional (el conjunto de modelos compone la teoría y éstos hacen referencia a la aplicación de la misma). Las teorías se entienden como un conjunto lógico de proposiciones, la relación entre estas proposiciones y la vida real, o los fenómenos del mundo es indirecta y se da por intermediación de los modelos (Giere, 1992). Los modelos pueden entenderse como “proyecciones” de la teoría al mundo (Sensevy, Tiberghien, Santini, Laubé, y Griggs, 2008) y dan especificidad a la teoría, siendo elementos estructurales que median entre ésta y los fenómenos del mundo (Develaki, 2007).

El aprendizaje de los contenidos asociados al átomo depende, en gran medida, de comprender que cada modelo estudiado es una de las posibles representaciones del átomo y que cada representación ha sido modificada en función de hechos acaecidos a lo largo de la historia, que no tenían explicación en el marco de la teoría existente. Asimismo, cada modelo o representación necesita para su comunicación -tanto al interior de la comunidad científica como en el aula - de un vocabulario específico.

Siguiendo a autores como Vigotsky (1992), Davidov (1998) y Lemke (1997 y 1998), es posible afirmar que la construcción de conocimiento teórico implica la posibilidad de

comprender representaciones de un objeto, concepto o fenómeno y de comunicar ese conocimiento en un lenguaje acorde. Así, en la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias, la construcción de conocimiento no está desvinculada de las representaciones y los distintos tipos de lenguajes necesarios para expresar diversos contenidos. Las representaciones y los lenguajes se van adecuando y completando a través de los aprendizajes en los distintos niveles educativos, de un modo relativamente similar al que se han modificado las distintas disciplinas científicas a lo largo de la historia.

El estudio de los distintos modelos atómicos podría favorecer no sólo la construcción de conocimiento en relación a los contenidos de Química I, sino también, como sostiene Gilbert (1991) a comprender la naturaleza construida del conocimiento científico.

Las representaciones usadas en la enseñanza de los modelos atómicos son medios importantes para el aprendizaje de la Química, fines de su enseñanza, ya que aprenderlas implica aprender también -como sostienen Matus, Benarroch, y Nappa (2011) respecto de los enlaces químicos- los lenguajes que los químicos utilizan en sus interpretaciones y las traducciones entre dichos lenguajes. Pero se evidencian dificultades al dibujar modelos que están descritos correctamente en lo textual. Por este motivo, si bien la asociación entre conocimiento y representación no debe abandonarse definitivamente, - como sostiene Lombardi en Lombardi, Acorinti, y Martínez González (2016)- sí debe flexibilizarse de modo tal que se admita la posibilidad de reconocer la legitimidad de un conocimiento de tipo no representativo. En este sentido entendemos que algunas características de los modelos atómicos representan una dificultad a la hora de esquematizarlos, por ejemplo, traducir en un dibujo o esquema la movilidad de los electrones.

Varios trabajos de investigación sobre educación en química revelan que por una parte los estudiantes evidencian errores conceptuales difíciles de superar aún luego de la instrucción (Ben Zvi, 1992; Taber, 1998, citados en Galagovsky, Rodríguez, Stamatí, y Morales, 2003) y construyen explicaciones diferentes de las aceptadas por la comunidad científica (Galagovsky y Bekerman, 2009).

Metodología

Se analizaron las representaciones gráficas y los textos explicativos de 42 estudiantes al inicio de dos cursos de Química I del 2022 y un curso del 2023, al responder a la siguiente consigna: Escribir 10 cosas que sepas del átomo y representarlo gráficamente.

El análisis consistió en revisar las siguientes cuestiones:

-comparación entre los textos y las representaciones gráficas, para analizar si existe concordancia entre lo escrito y lo representado, independientemente de si el contenido es correcto o no. (1)

-revisión acerca de si en los textos se refiere la idea de átomo como representación o como objeto material real. (2)

-análisis de los términos utilizados para expresar los conocimientos sobre la estructura atómica para verificar si son los correspondientes al lenguaje técnico de la química (en este nivel educativo) o son términos del lenguaje coloquial. (3)

Resultados

En la Tabla 1 se observan las respuestas de estudiantes clasificadas de acuerdo a: la distinción entre niveles de energía, orbitales, modelo usado en la representación de átomo, si expresa que se trata de una representación, la coherencia entre lo representado gráficamente y el texto explicativo y al tipo de lenguaje utilizado.

Tabla 1: clasificación de las respuestas de las y los estudiantes en relación a la estructura atómica

Distingue niveles de energía	Menciona orbitales	Representa gráficamente modelo de Rutherford, Bohr u otro más avanzado	Refiere la idea de representación (2)	Concordancia texto/representación gráfica. (1)	Lenguaje disciplinar adecuado (3)
SI: 20	SI: 17	12 Rutherford 23 Bohr	SI: 10	SI: 15	SI: 2 (en todo el texto)
NO: 22	NO: 25	7 más avanzado	NO: 32	NO: 27	NO: 40

Algunas representaciones del átomo

En casi todas las representaciones el tamaño del núcleo es muy grande en relación al tamaño del átomo. En un solo caso no está representado el núcleo atómico, aunque se lo menciona en el texto.

En 27 de las representaciones se observa al núcleo con un límite físico -similar a una membrana- conteniendo partículas subatómicas. En las figuras 1a, b, e, f y g no se distingue entre tipo de partículas y en algunas de estas figuras se observan representaciones de átomos que parecerían no ser neutros. En la figura 1g se observa el límite físico alrededor del núcleo y en el texto explicativo puede leerse que “*el átomo es indivisible*”.

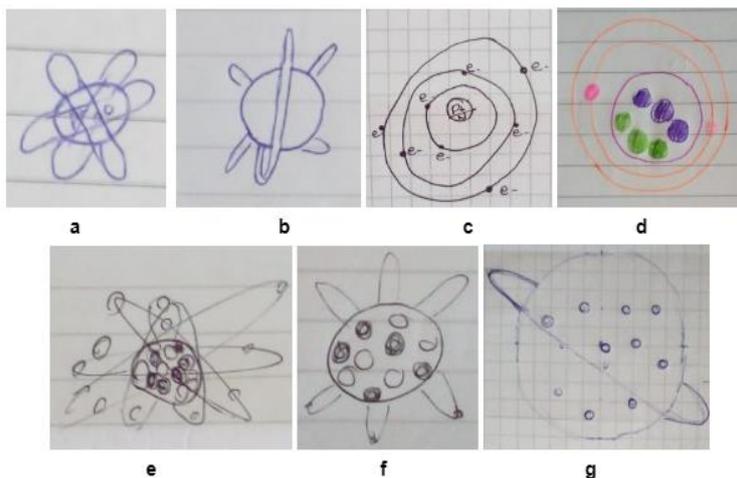


Figura 1: imágenes de representaciones gráficas de átomos con núcleos limitados físicamente

En la figura 2a, los protones parecen estar fuera del núcleo y hay un sólo electrón en los niveles de energía 1 y 2. En las figuras 2b y c no se representan los neutrones y cada nivel de energía presenta sólo dos electrones.

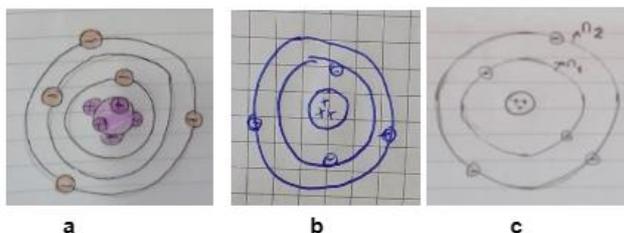


Figura 2: imágenes de representaciones gráficas de átomos sin neutrones o con distinto número de protones y electrones

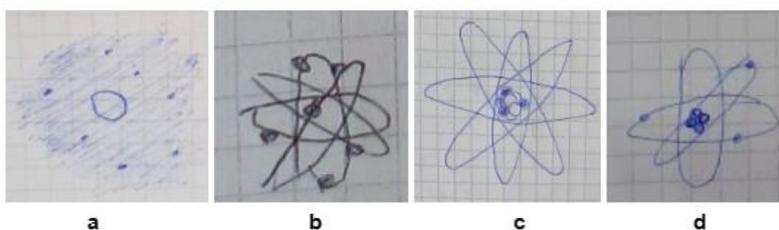


Figura 3: imágenes de representaciones gráficas de átomos sin distinción de partículas

En la figura 3 no se distinguen partículas ni zonas de localización para cada tipo de partículas.

Análisis de los resultados

Comenzaremos por señalar una cuestión que no teníamos planeado revisar, pero que resulta significativa: muchos estudiantes no respetan la consigna de escribir diez datos

acerca del átomo. En algunos casos manifestaron tener poco conocimiento del tema y consignaron poca información, pero en otros casos simplemente no respetaron la consigna de separar cada dato en un ítem. Se observa, además, que la mitad (20 de 42) distingue niveles de energía, 25 mencionan la existencia de orbitales, la mayoría (23 de 42) representa al átomo a través del modelo de Bohr y sólo dos utilizan vocabulario disciplinar adecuado en todo el texto explicativo.

Coherencia entre texto explicativo / representación gráfica (1). Al analizar conjuntamente la representación gráfica y los textos explicativos, se evidencia una desconexión entre la información contenida en los distintos tipos de representación. Esto podría indicar dificultades en la traducción de un tipo de lenguaje (gráfico) a otro (texto), pero también podría deberse a una incorrecta asignación de significado a cada concepto. Por ejemplo, pensar las órbitas y los orbitales como *objetos* reales o los núcleos de los átomos como partículas con un claro límite físico, conformadas por otras partículas menores (Figura 1). 11 de 23 estudiantes que dibujan el modelo de Bohr dicen que la posición de los electrones no es estable o que éstos están alojados en orbitales y de los 12 estudiantes que representan el modelo de Rutherford 9 mencionan órbitas, orbitales o niveles de energía. Aunque algunos mencionan la existencia de distintos niveles, no hablan de subniveles y confunden capa y orbital, órbita y orbital. Muy pocos describen la estructura electrónica y si la mencionan no utilizan notaciones y símbolos adecuados.

Algunas personas estudiantes describen al átomo como una partícula neutra, compuesta de protones, neutrones y electrones, diferenciando un núcleo con los electrones girando alrededor, pero se refieren a capas, órbitas o niveles de energía indistintamente. Hay quienes aclaran que en su mayor parte el átomo es vacío, aunque no lo hace la mayoría. Algunas personas representan distinto número de partículas positivas y negativas en el esquema del átomo (sin aclarar que no es neutro) o, diciendo que es neutro dibujan distinto número de protones y electrones (Figura 1c, 2a y 2b).

De esta dimensión de análisis surge que en 15 de 42 estudiantes existe concordancia entre lo escrito y lo representado, lo que no implica que la información sea correcta.

Idea de representación (2). La gran mayoría de las personas estudiantes no hace referencia a que el gráfico que presentan se corresponde con una de las posibles representaciones del átomo. Algunas de las personas que mencionan la idea de modelo atómico lo hacen sin diferenciar entre el átomo -como entidad que puede ser representada- y su representación, expresando ideas como “*El átomo y su modelo ha cambiado a lo largo del tiempo*” o “(los átomos) *se pueden observar en la Tabla periódica*”.

Generalmente describen al átomo como una entidad real: *“dentro del átomo está el núcleo”*; *“cada nivel de órbita tiene un máximo de carga llegando a separarse en subniveles”*; *“el átomo es una partícula que no se crea ni se destruye”*

Confunden las nociones de órbita y orbital, además de asignarle a ambas el rol de entidad física en el que *están* o por el que se mueven los electrones (*carril*) *“el átomo está formado por un núcleo y orbitales y los electrones se mueven en los orbitales”*.

Se ha encontrado la expresión *“Los átomos en su estado natural tienen carga neutra”* en la que puede observarse la confusión entre la representación de un átomo neutro con el estado de los átomos en la naturaleza.

Casi todos los modelos usados para la representación contienen información del átomo de Bohr. Entendemos que esto se debe a que, a pesar de existir modelos más *“adecuados”* para la representación atómica, se sigue usando este modelo para el desarrollo de muchos de los contenidos.

Lenguaje disciplinar (3). Se observó que de las 258 proposiciones analizadas (se esperaban 420 proposiciones), sólo en 130 se utilizan términos técnicos específicos de la asignatura. Resulta significativo el uso de términos *-poco específicos-* del lenguaje cotidiano que las y los estudiantes emplean para referirse al átomo. Por ejemplo: *“los electrones flotan en los orbitales”*; *“Los protones están cargados con energía positiva”*; *“El modelo que se usa para ejemplificarlo es el de orbitales”*.

Se observa la atribución de *“voluntad”* a los átomos. Por ejemplo, las oraciones *“los átomos quieren ser estables”* o *“quieren cumplir la regla del octeto”* denotan que quienes las escribieron no conciben al átomo como un modelo de estructura atómica sino como una entidad real y animada. En este mismo sentido, muchas y muchos estudiantes escriben que el átomo *“posee”* o *“almacena cargas”* en vez de decir que puede representarse como una entidad constituida por partículas de distinta carga.

Asimismo, se observa confusión en la construcción de oraciones de modo tal que, si bien haciendo un esfuerzo puede entenderse lo que quieren expresar, tal como está escrita resulta información incorrecta. Por ejemplo: *“la masa del núcleo es altamente densa”*. Probablemente se ha querido decir que, la zona a la que se denomina núcleo es más densa que la zona en la que es probable localizar electrones, o también que dicha zona tiene partículas con mayor masa, confundiendo así las nociones de masa y densidad. Entendemos que la oración *“El número de protones representa a qué materia pertenece”* pretendía señalar que el número de protones está vinculado a un determinado elemento químico.

Conclusiones

Las representaciones de las y los estudiantes a veces no permiten saber si es sólo un problema de representación o de errores conceptuales, por este motivo, las conclusiones del presente trabajo pueden pensarse como disparador para diseñar propuestas didácticas que intenten superar los modos en los que habitualmente se presentan los modelos atómicos. Para ello se propone tener en cuenta las siguientes cuestiones.

*Trabajar la estructura atómica y los modelos de átomo favoreciendo la búsqueda y análisis crítico de la información disponible, esto es, acercar a las y los estudiantes libros y páginas web con información adecuada sobre modelos atómicos, así como una guía de preguntas que facilite la búsqueda.

*Presentar el tema reproduciendo (dentro de las posibilidades del aula) el modo de construcción de conocimiento científico: analizar experimentos que permitieron modificar los modelos atómicos y proponer una discusión entre grupos.

*Desarrollar el tema colaborativamente: cada grupo de estudiantes, guiado por el equipo docente a cargo del curso, puede preparar un informe sobre un modelo, poniendo énfasis en aquellas cuestiones que permite explicar y las que no.

*Trabajar simultáneamente el contenido referido al átomo y el lenguaje verbal y gráfico adecuado para comunicar dicho conocimiento. En este sentido, sería conveniente favorecer la construcción colaborativa de un glosario donde quede explicitado el significado de cada término utilizado en el contexto de la química, especificando además las diferencias entre aquellos conceptos que suelen confundirse.

Referencias bibliográficas

- Concari, S. (2001). Las teorías y modelos en la explicación científica: implicancias para la enseñanza de la ciencia. *Ciência & Educação*, 7(1) 85-94.
- Davidov, V. (1988). *La enseñanza escolar y el desarrollo psíquico. Investigación psicológica teórica y experimental*. Moscú: Progreso.
- Develaki, M. (2007). The model-based view of scientific theories and the structuring of school science programmes. *Science & Education*, 16(7), 725-749.
- Galagovsky, L. R., Rodríguez, M. A., Stamati, N., y Morales, L. F. (2003). Representaciones mentales, lenguajes y códigos en la enseñanza de ciencias naturales. Un ejemplo para el aprendizaje de concepto de "reacción química" a partir del concepto de "mezcla". *Enseñanza De Las Ciencias*, 21(1), 107-121.
- Galagovsky, L. y Bekerman, D. (2009). La Química y sus lenguajes: un aporte para interpretar errores de los estudiantes. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 8(3), 952. Recuperado de: http://reec.uvigo.es/volumenes/volumen8/ART11_Vol8_N3.pdf
- Giere, R. (1992). *La explicación de la ciencia: Un acercamiento cognoscitivo*. México, Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología.
- Gilbert, S. W. (1991). Model building and definition of science. *Journal of Research in Science Teaching*, 28(1), 73-79.
- Izquierdo-Aymerich, M., Sanmartí, N. y Espinet, M. (1999). Fundamentación y diseño de las prácticas escolares de ciencias experimentales. *Enseñanza de las Ciencias*, 17(1), 45-59.
- Lemke, J. (1997). *Aprender a hablar ciencia: Lenguaje, aprendizaje y valores*. Barcelona: Paidós.
- Lemke, J. (1998). Multiplying Meaning: Visual and verbal semiotics in scientific text. En J.R. Martin y R. Veel (Ed.), *Reading Science: critical and functional perspectives on discourses of science* (pp. 87-113). London: Routledge.
- Lombardi, O., Acorinti, H. y Martínez González, J.C. (2016). Modelos científicos: el problema de la representación. *Scientiae Studia*. 14(1), 151-174. Recuperado de: <https://ri.conicet.gov.ar/handle/11336/93386>.
- Matus, L., Benarroch, A. y Nappa, N. (2011) La modelización del enlace químico en libros de texto de distintos niveles educativos. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 10(1), 178-201. Recuperado de: http://reec.uvigo.es/volumenes/volumen10/ART9_Vol10_N1.pdf
- Sensevy, G., Tiberghien, A., Santini, J., Laubé, S. and Griggs, P. (2008), An epistemological approach to modeling: Cases studies and implications for science teaching. *Science Education*, 92, 424-446. doi: <https://doi.org/10.1002/sce.20268>
- Vygotsky, L. (1992). *Pensamiento y lenguaje*. Madrid: Alianza.