

Investigación en didáctica de la Química

ABORDAJE DEL MODELO ATÓMICO DE RUTHERFORD EN LIBROS DE TEXTO DE ESB

Silvia Carolina Aragón¹, Carla I. Maturano^{1,2}, Claudia A. Mazzitelli^{1,2,3}

¹*Instituto de Investigaciones en Educación en las Ciencias Experimentales. Facultad de Filosofía, Humanidades y Artes. Universidad Nacional de San Juan. Ignacio de la Roza 230 (oeste). Capital. San Juan.*

²*Departamento de Física y de Química. Facultad de Filosofía, Humanidades y Artes. Universidad Nacional de San Juan. Ignacio de la Roza 230 (oeste). Capital. San Juan.*

³*CONICET. Godoy Cruz 2290, CABA, Argentina.*

E-mail: aragonsilviacarolina@gmail.com

Recibido: 29/09/2021. Aceptado: 02/06/2022.

Resumen. En este trabajo nos proponemos analizar con fines didácticos cómo los libros de texto presentan el modelo atómico de Rutherford y sus bases experimentales desde una perspectiva multimodal que involucra tanto los textos verbales como las imágenes referidas a este. Seleccionamos una muestra de cinco libros de texto de la Educación Secundaria Básica (ESB) argentina de edición reciente. En relación con los textos verbales examinamos el género, infiriendo si describe o explica, e identificamos ideas que aluden a la contextualización histórica de su formulación y que se vinculan con la naturaleza de la ciencia y el trabajo científico. Con respecto a las imágenes analizamos su significado ideacional y, por último, buscamos las relaciones lógico-semánticas entre los modos verbales y visuales. Los resultados muestran que las asociaciones necesarias para la comprensión no son obvias y su realización por parte del estudiantado requeriría de un acompañamiento docente mediante consignas de trabajo específicas.

Palabras clave. modelos atómicos, modelo de Rutherford, libros de texto, Educación Secundaria.

The Approach to the Rutherford Atomic Model in Basic Secondary Education Textbooks

Abstract. In this work we propose to analyze for didactic purposes how textbooks present Rutherford's atomic model and its experimental bases from a multimodal perspective that involves both verbal texts and images related to them. We selected a sample of five recently published Argentine Basic Secondary Education textbooks. In relation to the verbal texts, we examine the genre, inferring whether it describes or explains, and we identified ideas that allude to the historical contextualization of its formulation and that are linked to the nature of science and the scientific work. With regard to images, we analyzed their ideational meaning and, finally, we looked for the logicalsemantic relationships between the verbal and the visual modes. The results show that the relationships necessary for the student's comprehension are not obvious and would require the teacher's mediation through specific task instructions.

Keywords. atomic models, Rutherford model, textbooks, secondary education.



INTRODUCCIÓN

Los libros de texto de Ciencias Naturales (en adelante LT) continúan siendo el principal recurso en las aulas y en determinadas ocasiones el único, más allá de las innumerables propuestas que plantean las nuevas tecnologías (Maturano y Mazzitelli, 2018; Bolado, 2019; Zang, Giacosa y Chrobak, 2019). Al mismo tiempo, sus propuestas pedagógicas influyen de forma determinante en la estructuración de la dinámica áulica ya que expresan de manera más concreta los saberes disciplinares incluidos en el currículum oficial, a través de una presentación didáctica (Zang, Giacosa y Chrobak, 2019).

Los contenidos científicos se abordan en los LT desde una perspectiva que integra múltiples sistemas que se conjugan para construir significado (Lemke, 2004; Kress, 2009). En los LT de ciencias de la ESB, generalmente se incluyen recursos que se restringen a combinar los sistemas que Parodi (2010) denomina sistema verbal (basado en lo lingüístico para la expresión de significados), sistema gráfico (para la presentación de la información en formatos tales como fotografías, diagramas, tablas, etc.) y sistema tipográfico (constituido por la forma, tamaño y color de las letras).

Numerosas investigaciones (Cid Manzano y Da Silva Alonso, 2012; Zang, Giacosa y Chrobak, 2019; Bolado, 2019) muestran que los LT de ciencias- tanto de nivel secundario como universitario- han sido objeto de análisis en las últimas décadas a nivel nacional e internacional. En el ámbito de la enseñanza de la Química, se destacan estudios dedicados al abordaje que hacen los LT de los constituyentes submicroscópicos de la materia tales como moléculas, átomos y iones, incluidos como uno de los ejes centrales en los Núcleos de Aprendizaje Prioritarios para la ESB (ME, 2013). Algunos de los estudios mencionados, realizados fuera del contexto educativo argentino, investigaron el abordaje que se hace en los LT de los modelos atómicos en general y, en particular, del modelo de Rutherford y su experimento. Los mismos se centran casi exclusivamente en los textos verbales sin profundizar en los recursos multimodales que se utilizan para presentar los contenidos. Esto determina una vacancia o la existencia de un aspecto sin investigar que abordaremos en el presente trabajo. El interés en el modelo de Rutherford se sustenta en la importancia de su contribución al estudio de la estructura atómica a partir de los resultados de la experiencia.

Para comprender el discurso científico es necesario centrar el análisis en los sistemas semióticos involucrados y sus interrelaciones. Según Kress (2009) y Treagust (2018), la comunicación ocurre a través de diferentes modos de significación como el texto, las imágenes, los gráficos, los sonidos, la música, etc. de manera simultánea. Por esta razón, para entender el significado de un acto comunicativo hay que tener en cuenta todos los modos utilizados en él, por cuanto están estrechamente relacionados entre sí.

La Lingüística Sistémico-Funcional (en adelante, LSF) brinda un marco descriptivo e interpretativo que orienta a la descripción del lenguaje como un recurso para construir significados pues permite el análisis de los textos, a los que considera en relación con el contexto social y cultural en el cual se estructuran. De acuerdo con la teoría de género de la LSF (Martín y Rose,

2008; Rose y Martin, 2012), los textos más utilizados en ciencias en la escuela secundaria se clasifican como informes (que describen el mundo natural) y explicaciones (que se centran en cómo y/o por qué suceden los procesos naturales). Ambos juegan un rol complementario entre sí al explorar un tema (Martin y Rose, 2008).

En relación con el lenguaje gráfico, los componentes visuales de una imagen en ciencias se organizan de forma independiente en lugar de ser una mera duplicación de textos verbales (Ge, Unsworth, Wang y Chang, 2018). Por esta razón se alude a su significado ideacional, que puede estar centrado en entidades (mostrando su composición) o actividades. Las relaciones entre los componentes verbales y visuales se integran mediante las denominadas relaciones lógico-semánticas entre estos modos (Chan, 2011). Este autor afirma que en el análisis deben considerarse dos relaciones ideacionales: concurrencia (cuando el significado ideacional se corresponde a través de los modos semióticos) y complementariedad (cuando las relaciones de significado entre la imagen y el texto son diferentes, ya sea que la imagen o el texto extienda o adicione nuevos significados que se complementen mutuamente, o que el contenido ideacional del texto se contradiga o discrepe con el de la imagen).

Una de las finalidades de la educación científica es adquirir la capacidad de abordar los textos multimodales que se emplean en ciencias para relacionar las diferentes formas de los signos con las ideas científicas (Tang y Moje, 2010). La interpretación de los contenidos científicos plasmados en los LT de ESB bajo esta perspectiva multimodal constituye un desafío, especialmente los referidos al modelo de Rutherford y sus bases experimentales. Por esto, en las aulas, es necesario un docente mediador con experiencia semiótica que intervenga en el proceso de enseñanza favoreciendo un análisis adecuado de los rasgos discursivos. De esta forma podrá contribuir a la construcción de relaciones entre elementos correspondientes al texto verbal y las imágenes asociadas favoreciendo así la comprensión y el aprendizaje disciplinar.

METODOLOGÍA

El objetivo de nuestra investigación es analizar con fines didácticos cómo los LT en el contexto educativo argentino presentan el modelo atómico de Rutherford y sus bases experimentales desde una perspectiva multimodal que involucra tanto los textos verbales que se incluyen para exponer el tema como las imágenes referidas a este.

Atendiendo a nuestro objetivo trabajamos con una muestra de cinco LT de la Educación Secundaria Básica en Argentina, a saber:

- LT1: Balbiano y col. (2018)
- LT2: Pochne, Schneider y Lanteri (2018)
- LT3: Bulwik, Calderón, di Francisco, Marino y Lizaso (2016)
- LT4: Edelstein (2017)
- LT5: Bazo, Bulwik, Calderón, Ipucha y Marino (2018)

La selección fue realizada entre las últimas publicaciones de LT editados en Argentina por las editoriales más recomendadas por docentes de este país (Maturano, 2018; Maturano y Mazzitelli, 2018) que incluyen el tema Modelos atómicos, en particular el modelo de Rutherford (considerando que este estudio forma parte de un trabajo de tesis doctoral basada en la enseñanza y el aprendizaje de dicho contenido disciplinar en la Educación Secundaria Básica). Cabe aclarar que en este análisis no incluimos el abordaje de otros modelos atómicos, así como la alusión a los modelos híbridos que consideren en su formulación ideas del modelo de Rutherford.

Teniendo en cuenta las consideraciones teóricas ya expuestas, la investigación está centrada en analizar:

(a) Los textos verbales para identificar el género tomando en cuenta el propósito, la estructura esquemática, los rasgos lingüísticos y las realizaciones gramaticales prototípicas de cada género (Rudolph, Maturano y Soliveres, 2020), además de caracterizar los verbos, las ideas o las referencias que aluden a la contextualización histórica de la formulación del modelo de Rutherford que se vinculan con la naturaleza de la ciencia y el trabajo científico. Para analizar el género de los textos verbales consideramos los tipos de informes y explicaciones propuestos por Martin y Rose (2008). Estos autores identifican tres tipos de informes: descriptivo (describe un fenómeno centrándose en sus rasgos o características); clasificatorio (clasifica miembros de una clase general en relación con un criterio o conjunto de criterios) y composicional (se centra en los componentes de una entidad). En referencia a las explicaciones, caracterizan distintos tipos entre los que se destacan: la explicación secuencial (se focaliza en una secuencia simple de eventos observables unidos mediante una relación causal obligatoria); la explicación factorial (explica en base a múltiples factores contribuyentes); la explicación de consecuencia (se centra en un evento simple que puede tener dos o más consecuencias en el mundo natural) y la explicación condicional (explica fenómenos cuyos efectos pueden ser diferentes dependiendo de condiciones variables). A estos tipos, se agrega la explicación causal propuesta por Veel (2005), la cual involucra una construcción lógica entre eventos o fenómenos con relaciones de causa y efecto que no son accesibles a la observación y a la experiencia inmediata. Para analizar las ideas relacionadas con la naturaleza de la ciencia y el trabajo científico presentes en el sistema verbal, tuvimos en cuenta: la contextualización histórica de la formulación del modelo (año, país de origen del investigador, científico/s involucrados, disciplina científica de referencia), el recuento del experimento (modo de realización), relación con otras investigaciones e investigadores y concepciones acerca del conocimiento científico que se ponen de manifiesto en el texto.

(b) Las imágenes o textos visuales a fin de examinar su significado ideacional para lo cual tuvimos en cuenta si el foco de la información está centrado en una entidad o en una actividad. Al mismo tiempo, revisamos la presencia de etiquetas y la información que estas brindan, la presencia de epígrafes y, en cuanto a la representación, analizamos si sus elementos son icónicos, indexicales o simbólicos.

(c) Las relaciones lógico-semánticas entre los modos verbales y visuales para detectar si el significado ideacional se corresponde en los diversos modos semióticos presentando relaciones de concurrencia o cuando las relaciones de significado entre la imagen y el texto son diferentes pero complementarias, situación en la que la relación entre estos es de complementariedad. En la Figura 1, representamos en un diagrama los aspectos analizados en cada LT.

En la realización de este análisis trabajamos con triangulación de investigadores (Vasilachis, 2006). En ese proceso, cada investigador realizó el análisis y luego consensuamos las valoraciones.

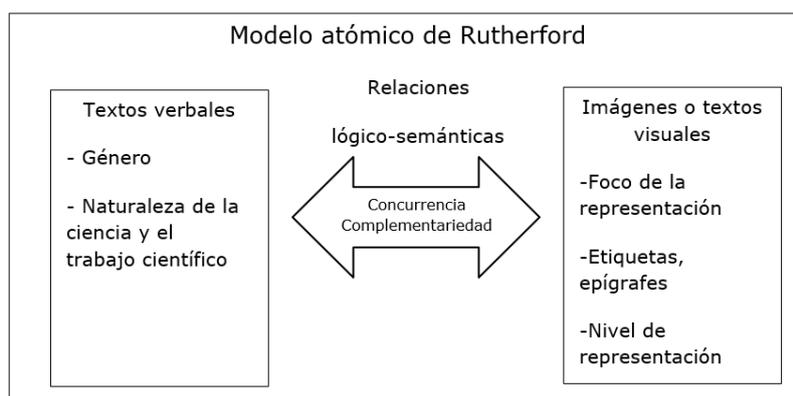


Figura 1. Aspectos analizados en cada LT de la muestra.

RESULTADOS

En esta sección analizamos cada uno de los LT de acuerdo a las decisiones metodológicas. Iniciaremos indicando el género y la caracterización de la contextualización histórica de la formulación del modelo y su vinculación con la naturaleza de la ciencia para los textos verbales. A partir de las imágenes indicaremos su significado ideacional. Finalmente, en la discusión de resultados estableceremos relaciones lógico-semánticas entre los modos verbales y los visuales para identificar si hay concurrencia o complementariedad entre estos.

En el sistema verbal del LT1 (organizado en tres párrafos), el texto del primer párrafo se refiere al experimento desarrollado por Rutherford a través de una explicación de consecuencia para referirse a la desviación de las partículas alfa al atravesar la lámina de oro. El segundo párrafo plantea una explicación causal, en alusión a las causas que producen los resultados de la experiencia. En el último, se propone el modelo atómico considerando sus partes por lo que el género corresponde a un informe composicional. La contextualización histórica de su formulación queda determinada por el año de realización del experimento, la nacionalidad del científico, el trabajo desarrollado en equipo con otros investigadores y las disciplinas (Física y Química) bajo las cuales investigaba. La descripción del experimento (llevado a cabo para aclarar el problema de la estructura atómica), y la contrastación de los resultados con el modelo vigente (Thomson) refieren a concepciones acerca del

conocimiento científico basadas en la construcción del mismo a partir de la propuesta de hipótesis de carácter provisorio.

En relación con las imágenes, se incluye solo una (Figura 2) que corresponde al modelo y es simbólica. La misma se relaciona con un informe composicional del átomo de Rutherford. Observamos etiquetas que son explícitas y marcan componentes. El epígrafe no aporta información referente al modelo en estudio sino alusiones a la importancia de los modelos para comprender la construcción del conocimiento científico.

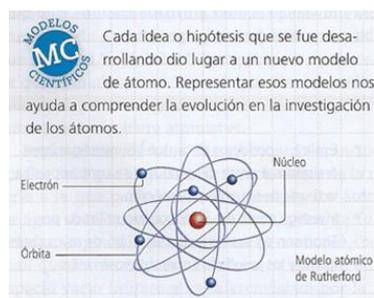


Figura 2. Modelo atómico de Rutherford. LT1 (Balbiano y col., 2018, p.64).

Con respecto al sistema verbal del LT2 (que consta de tres párrafos) el texto verbal del primero y segundo párrafos se refiere a las características del modelo presentando sus partes por ello corresponden al género informe composicional. La entidad respecto de la cual se indica su composición es el átomo. El tercer párrafo compara las dimensiones del núcleo respecto del tamaño del átomo y caracteriza a la masa de las partículas que lo integran, por lo que corresponde al género informe descriptivo. Con respecto a los datos que dan cuenta de la contextualización histórica este LT indica el año en que se formula el modelo, la nacionalidad del científico, sin hacer referencia al trabajo en equipo, pero sí a las disciplinas (Física y Química) bajo las cuales se realizaba el estudio. La propuesta del modelo se plantea en base a una analogía con el sistema solar, aludiendo a la realización del experimento por parte del científico y en forma individual sin referir al planteo de hipótesis, a los hechos experimentales, ni a la confrontación de los resultados con el modelo vigente, para dar cuenta de la construcción científica.

Este LT propone una imagen (Figura 3) que representa una entidad que corresponde al modelo atómico y está relacionada con el género informe composicional que propone el texto. Si bien la imagen es predominantemente simbólica, también incluye elementos indexicales para indicar el movimiento de los electrones alrededor del núcleo. Muestra un epígrafe que refiere al modelo atómico y las etiquetas indican los componentes del átomo y las cargas eléctricas correspondientes.

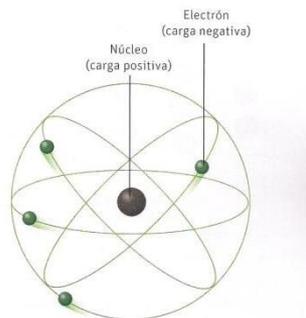


Figura 3. Modelo atómico de Rutherford. LT2 (Pochne y col., 2018, p.29).

El sistema verbal del LT3 (que presenta seis párrafos) está organizando tomando en cuenta una sucesión temporal de eventos a modo de recuento histórico. En el primer párrafo se identifica una explicación de consecuencia que refiere al experimento. En el segundo y tercer párrafo se agregan aspectos referidos a la composición del átomo. En el cuarto párrafo identificamos una explicación causal de las desviaciones de las partículas al atravesar la lámina. El quinto y sexto párrafo corresponden a otra explicación causal en la que se plantean los inconvenientes del modelo de acuerdo a las bases de la física clásica. En relación con la contextualización histórica de la formulación del modelo menciona el año de nacimiento y muerte de Rutherford, y la presencia de su equipo de trabajo sin mencionar las disciplinas de estudio ni su nacionalidad. Este LT explica el experimento y sus resultados, planteando las observaciones a luz de las evidencias experimentales. En base a estas propone una nueva estructura para el átomo basada en los resultados obtenidos y mostrando mediante la confrontación que estos no podían ajustarse al modelo vigente en aquel momento (el de Thomson). A partir de lo expresado, se evidencia la construcción científica que acompaña al desarrollo del contenido disciplinar.

Este LT propone una imagen icónica (Figura 4) que presenta, al mismo tiempo, una entidad compuesta por partes (dispositivo empleado para efectuar el experimento por lo que se asocia a un informe composicional) y una actividad (la desviación de las partículas alfa en el dispositivo). Las etiquetas señalan las partes del dispositivo. El epígrafe informa que la representación constituye un esquema del dispositivo experimental.

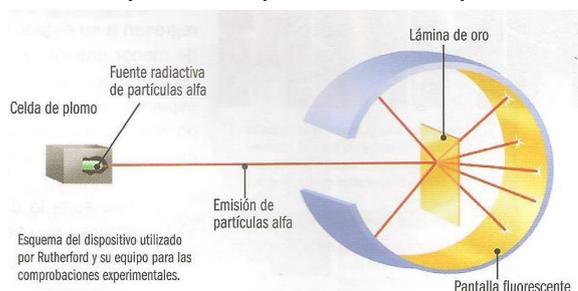


Figura 4. Experimento de Rutherford. LT3 (Bulwik y col., 2016, p.11).

Con respecto al sistema verbal del LT4 (que presenta tres párrafos), el primero plantea una explicación de consecuencia acerca del experimento de la lámina de oro y posteriormente, en el segundo se hace referencia a una entidad que es el átomo y sus partes por lo que el género corresponde a un informe composicional. En el tercer párrafo se identifica una explicación causal que señala los inconvenientes del modelo atómico. En cuanto a la contextualización histórica de la formulación del modelo, este LT indica el año en el cual el científico y su equipo llevaron a cabo el experimento, sin hacer referencia a su nacionalidad ni a las disciplinas de estudio. Al mismo tiempo explica el experimento, sus resultados y la confrontación de estos a la luz del modelo vigente en aquel momento. El relato continúa con el planteo de un nuevo modelo que presentó inconvenientes pues no logró explicar por qué los electrones no emiten energía al girar y, por lo tanto, no caían sobre el núcleo. El modelo propuesto tampoco pudo predecir los espectros de emisión obtenidos de experimentos llevados a cabo en aquella época. Estos planteos dan cuenta tanto de la construcción del conocimiento científico como de su carácter provisorio.

Con respecto a las imágenes presenta dos. La primera (Figura 5) es icónica y representa una actividad (el dispositivo que se empleó para el experimento). Las etiquetas indican las partes del dispositivo y el comportamiento de las partículas. En este caso no se incluye epígrafe. La segunda (Figura 6) es una estampilla que presenta simultáneamente elementos icónicos (el retrato de Rutherford) y simbólicos (el modelo). El epígrafe hace referencia a la estampilla y su relación con el premio Nobel de Química que recibió Rutherford por el reconocimiento a sus contribuciones sobre la estructura atómica.

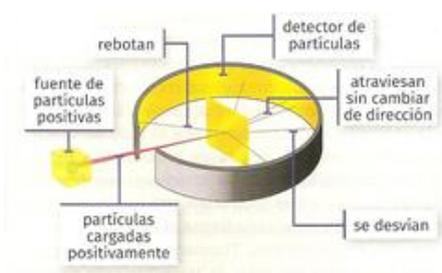


Figura 5. Resultados del experimento de Rutherford. LT4 (Edelstein, 2017, p.13).



Figura 6. Estampilla de Rutherford. LT4 (Edelstein, 2017, p.13).

En el sistema verbal del LT5 (que presenta cinco párrafos), el texto en los dos primeros párrafos plantea dos explicaciones secuenciales acerca de las experiencias cuyos resultados daban indicios de la existencia de partículas en

el interior del átomo. En el tercero se identifica una explicación de consecuencia acerca del comportamiento de las partículas al atravesar la lámina y en el cuarto se refiere a las partes de una entidad que es el átomo, por lo tanto, es un informe composicional. Finalmente, propone una explicación causal de los inconvenientes que planteaba el modelo. Respecto de la contextualización histórica de su formulación este LT plantea los años entre los cuales se llevó a cabo la investigación, la nacionalidad de Rutherford, la presencia de sus colaboradores y otros equipos que investigaban con anterioridad tratando de hallar cómo estaba constituido el átomo sin mencionar las disciplinas científicas de referencia a estos estudios. También explica cómo se llevó a cabo el experimento, la frecuencia de observación con respecto al tiempo, la confrontación de los resultados con el modelo vigente y, en función de estos, la propuesta de un nuevo modelo. Al mismo tiempo, destaca que con el paso del tiempo esta estructura resultó poco convincente pues contradecía las leyes de la física clásica, lo que motivó a continuar trabajando para entender la estructura del átomo. Estos planteos muestran la construcción, revisión y contrastación del conocimiento científico.

En este LT se integran dos imágenes (Figuras 7 y 8). Las mismas representan una entidad compuesta por partes, es decir, un informe composicional. La primera (Figura 7) es icónica y corresponde al dispositivo empleado por Rutherford en aquella época. Presenta etiquetas que indican las partes del mismo y un epígrafe que refiere al equipo empleado en los experimentos del científico y sus colaboradores. La segunda (Figura 8) es simbólica y representa el modelo atómico de Rutherford cuyas etiquetas señalan sus partes y el epígrafe hace referencia a este modelo.

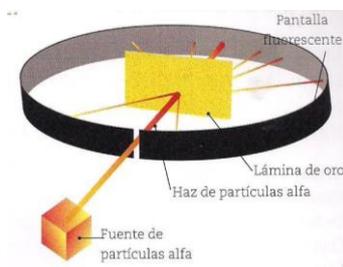


Figura 7. Equipo usado en los experimentos de Rutherford y sus colaboradores. LT5 (Bazo y col., 2018, p.121).

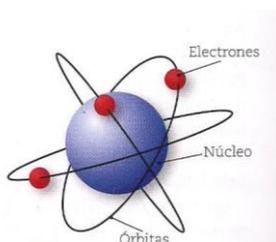


Figura 8. El modelo atómico de Rutherford. LT5 (Bazo y col., 2018, p.121).

DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

A partir del análisis de los resultados identificamos que:

A) En relación con los textos verbales y con las ideas que aluden a la contextualización histórica de la formulación del modelo que se vinculan con la naturaleza de la ciencia y el trabajo científico podemos plantear que:

- En el caso de los textos verbales predominan los informes composicionales para referir a una entidad que es el átomo.
- Las explicaciones de consecuencia se presentan en relación a los resultados del experimento (trayectoria de las partículas al atravesar la lámina de oro).
- Las explicaciones causales se utilizan para justificar las desviaciones de las partículas al atravesar los átomos y los inconvenientes que presenta el modelo atómico de Rutherford.
- En menor medida presentan la explicación secuencial para indicar cómo se realizó el experimento.
- En relación con las ideas que aluden a la contextualización histórica de la formulación del modelo y el trabajo científico, la mayoría de los LT indican el año de realización del experimento, la nacionalidad del científico y las disciplinas bajo las cuales investigó. El trabajo en equipo, el recuento del experimento y la confrontación de los resultados con el modelo vigente refiere a la construcción del conocimiento científico basada en planteos de carácter provisorio a partir de hipótesis que son validadas a la luz de resultados experimentales y sujetas a revisión por la comunidad científica. Estos últimos aspectos son detallados por también por la mayoría de los LT analizados.

B) Con respecto a las imágenes:

- Tres de los LT muestran en cada caso una imagen que es simbólica, representa una entidad y corresponde al informe composicional para el átomo de Rutherford. En uno de los LT se presentan elementos indexicales en la representación de los componentes del átomo.
- Para representar el experimento recurren en cada caso a una imagen icónica y de carácter composicional, solo en uno de los LT la imagen es icónica y representa al mismo tiempo un informe composicional y una actividad.
- En todos los casos, cuando las imágenes presentan etiquetas y epígrafes, son aclaratorios de la información involucrada.

C) Con respecto a las relaciones lógico-semánticas entre los modos verbales y los visuales:

- Los textos verbales en todos los casos extienden su significado respecto de las imágenes, en particular las que representan al modelo atómico. Por esta causa, en todos los LT analizados, se plantea una relación de complementariedad entre los textos verbales y las imágenes referidas a estos.

CONCLUSIONES Y REFLEXIONES FINALES

La presente investigación nos ha permitido analizar la interacción entre los diferentes sistemas semióticos que se presentan en los LT de la muestra para construir significado.

En función del análisis podemos destacar que hay dos entidades que se han abordado en los LT de la muestra: el modelo atómico propuesto por Rutherford y el dispositivo experimental empleado en sus investigaciones. En ambos casos, la aproximación enfatiza las partes de estas entidades mediante el género informe composicional presente también en forma visual en algunos LT. Esto implicaría la necesidad de un docente cuya mediación logre guiar a los estudiantes en su acercamiento a los textos colaborando en la tarea de identificar esos componentes de estas entidades y detectar los rasgos o características de cada uno de acuerdo a la forma en que se han presentado, es decir, verbal o visual. Presentan, además una actividad relacionada con el experimento de Rutherford y sus resultados. Los mismos son planteados en la mayoría de los casos a través de textos verbales, por lo que su comprensión implicaría desentrañar las relaciones causa-efecto entre los resultados experimentales y las características del modelo atómico propuesto.

En relación con la construcción del conocimiento científico y la naturaleza de la ciencia, se presentan de forma distintiva en cada LT, tratando de mostrar cierto dinamismo y trabajo en equipo, y una vinculación entre aspectos teóricos y prácticos que requiere de consignas específicas de lectura para ser analizadas por el estudiantado.

Las imágenes necesitan de la aplicación de relaciones de complementariedad con el texto para su comprensión en todos los casos. Estas vinculaciones pueden no resultar obvias y requerir tareas que colaboren en el análisis de los elementos icónicos, indexicales y simbólicos que serán empleados tanto para mostrar los componentes de las entidades que se presentan como para evidenciar el proceso experimental relacionado con el experimento. La integración de estos aspectos orientará al estudiantado en la comprensión del contenido disciplinar.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Balbiano, A., Deprati, A., Iglesia, M., Jaul, M., Molinari, M. y Serafini, G. (2018). *Química. Los materiales y sus propiedades. La naturaleza corpuscular de la materia. El átomo*. Buenos Aires: Santillana en línea.
- Bazo, R., Bulwik, M., Calderón, S., Ipucha, C. y Marino, D. (2018). *Avanza. Física y Química. La naturaleza corpuscular de la materia. Las mezclas y las sustancias. La electricidad y el magnetismo. Las fuerzas y los campos. Las reacciones químicas*. Buenos Aires: Kapelusz.
- Bolado-Penagos, M. (2019). *Tratamiento del experimento de Rutherford en libros de texto de bachillerato*. Tesis de maestría, Universidad de Cádiz, Cádiz, España. <http://hdl.handle.net/10498/21171>

- Bulwik, M., Calderón, S., di Francisco, K., Marino, D. y Lizaso, E. (2016). *Activados. Física y Química II. Modelos atómicos. Tabla periódica. Uniones químicas e intermoleculares. Reacciones químicas y nucleares. Calorimetría y transmisión de calor. Radiaciones*. Buenos Aires: Puerto de Palos.
- Chan, E. (2011). Integrating visual and verbal meaning in multimodal text comprehension: towards a model of intermodal relation. En S. Dreyfus, S. Hood y M. Stenglin (Eds.), *Semiotic Margins. Meaning in Multimodalities*, (pp. 144- 167). London and New York: Continuum International Publishing Group.
- Cid Manzano, R. y Da Silva Alonso, G. (2012). Estudiando cómo los modelos atómicos son introducidos en los libros de texto de Secundaria. *Revista Eureka sobre enseñanza y divulgación de las ciencias*, 9(3), 329-337. <https://revistas.uca.es/index.php/eureka/article/view/2780>
- Edelsztein, V. (2017). *Fisicoquímica 3*. Mandioca. Buenos Aires: Serie Llaves.
- Ge, Y., Unsworth, L., Wang, K. y Chang, H. (2018). Image Design for Enhancing Science Learning: Helping Students Build Taxonomic Meanings with Salient Tree Structure Images. En K. Tang y K. Danielsson (Eds.). *Global Developments in Literacy Research for Science Education* (pp. 237-258). Switzerland: Springer.
- Kress, G. y Van Leeuwen, T. (2006). *Reading images: The grammar of visual design*. London/New York: Routledge.
- Kress, G. (2009). *Multimodality. A social semiotic approach to contemporary communication*. London: Routledge.
- Lemke, J. (2004). The literacies of science. En E. W. Saul (Ed.), *Crossing borders in literacy and science instruction: Perspectives in theory and practice* (pp. 33-47). Newark: International Reading Association/National Science Teachers Association.
- Maturano, C. (2018). *El manual escolar en la enseñanza y el aprendizaje de las Ciencias Naturales: análisis de representaciones sociales y aspectos didácticos de su utilización en la escuela secundaria*. Tesis doctoral en Ciencias de la Educación. Mendoza: UNCUYO.
- Maturano, C. y Mazzitelli, C. (2018). La lectura y la escritura en las clases planificadas por docentes de Ciencias Naturales de educación secundaria en Argentina. *Traslaciones, Revista Latinoamericana de Lectura y Escritura*, 5 (10), 263-286. <http://revistas.uncu.edu.ar/ojs/index.php/traslaciones/article/view/1622/1147>
- Ministerio de Educación de la Nación. C.F.E. (2013) *Núcleos de aprendizaje prioritarios. Ciencias Naturales. Ciclo Básico de la Educación Secundaria 1º y 2º / 2º y 3º Años*. Consejo Federal de Educación.
- Martin, J. R. y Rose, D. (2008). *Genre Relations. Mapping culture*. Londres: Equinox.

- Parodi, G. (2010). Multisemiosis y lingüística de corpus: Artefactos (multi) semióticos en los textos de seis disciplinas en el corpus PUCV-2010. *RLA. Revista de Lingüística Teórica y Aplicada*, 48(2), 33-70. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-48832010000200003>
- Pochne, J., Schneider, F. y Lanteri, S. (2018). *Física y Química. Estructura atómica. Reacciones químicas y nucleares. Intercambios de energía*. sm. Buenos Aires: Serie Savia.
- Rose, D. y Martin, J. R. (2012). *Learning to write, reading to learn: Genre, knowledge and pedagogy in the Sydney School*. London: Equinox.
- Rudolph, C. A., Maturano, C. I. y Soliveres, M. A. (2020). Los géneros en los textos de manuales escolares de Ciencias Naturales. *Revista Signos Estudios de Lingüística*, 53(103), 520-546. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-09342020000200520>
- Tang, K. S. y Moje, E. (2010). Relating multimodal representations to the literacies of science. *Research in Science Education*, 40, 81-85. <https://doi.org/10.1007/s11165-009-9158-5>
- Treagust, D. F. (2018). The importance of multiple representations for teaching and learning science. En comp. M. Shelley y A. Kiray (Eds.), *Education Research Highlights in Mathematics, Science and Technology* (pp. 215-223). USA: ISRES Publishing.
- Vasilachis, I. (2006). *Estrategias de Investigación Cualitativa*. Barcelona-España: Editorial Gedisa.
- Veel, R. (2005). Learning how to mean –scientifically speaking: apprenticeship into scientific discourse in the secondary school. En F. Christie y J. R. Martin (Eds.), *Genre and institutions: Social processes in the workplace and school* (pp. 161-195). Continuum: Collection London Series.
- Zang, C., Giacosa, N. y Chrobak, R. (2019). El contenido científico en libros de textos: una revisión en revistas de acceso libre, *Latin-American Journal of Physics Education*, 13(3), 3305, 1-23. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7553948>