

Lectura, experimentación y nuevas tecnologías en la enseñanza de los modelos atómicos

Silvia C. Aragón^{1,2}, María A. Soliveres¹ y Carla I. Maturano¹

¹*Instituto de Investigaciones en Educación en las Ciencias Experimentales (IIECE), Facultad de Filosofía, Humanidades y Artes, Universidad Nacional de San Juan, San Juan, Argentina*

²*I.P.U. Colegio Central universitario Mariano Moreno, Universidad Nacional de San Juan, San Juan, Argentina*

Fecha de recepción del manuscrito: 31/10/2019

Fecha de aceptación del manuscrito: 21/04/2020

Fecha de publicación: 30/04/2020

Resumen—Los contenidos científicos relacionados con la estructura de la materia y los modelos atómicos son temas difíciles de comprender por los estudiantes en la escuela secundaria, lo que puede asociarse a su abstracción y al abordaje realizado en los manuales escolares que no enfatiza las circunstancias e interrogantes que condujeron a la sustitución de modelos. Teniendo en cuenta esto diseñamos, a partir de un trabajo interdisciplinario, una propuesta didáctica que conjuga: (a) la lectura y escritura mediadas por el docente (con actividades propuestas a partir del análisis lingüístico de textos seleccionados), (b) la realización de experimentos (para confirmar o cuestionarse acerca de los modelos atómicos) y (c) el uso de simulaciones (para ampliar el estudio de los fenómenos submicroscópicos), la cual implementamos con estudiantes de 3° año de un instituto preuniversitario de San Juan. En este artículo presentamos los aspectos más representativos de la implementación cuyo hilo conductor fue construyéndose a través de preguntas que los estudiantes elaboraron al cuestionarse sobre la naturaleza de la ciencia y el modo en que fueron surgiendo los modelos. Los resultados obtenidos muestran logros significativos tanto en el aprendizaje disciplinar como en aspectos motivacionales relacionados con los recursos y las tareas propuestas.

Palabras clave—modelos atómicos, recursos didácticos, enseñanza, aprendizaje, nivel secundario

Abstract—The scientific concepts related to the matter structure and the atomic models are difficult topics to be understood by high school students, which can be associated with their abstraction and the way they are covered in textbooks that does not emphasize the circumstances and the questionings that led to the substitution of models. Taking the previous issue into account, we designed an interdisciplinary didactic proposal that combines: (a) teacher-mediated reading and writing (with activities proposed from the linguistic analysis of selected texts), (b) experiments (to confirm or question about atomic models) and (c) the use of simulations (to increase the study of submicroscopic phenomena), which we implemented with 3rd-year students from a pre-university institute in San Juan. In this article we present the most distinctive aspects of the implementation whose common thread was built through questions that students asked when reflecting on the nature of science and how models emerged. The results show significant achievements in both disciplinary learning and motivational aspects related to the resources used and the tasks proposed.

Keywords— atomic models, didactic resources, teaching, learning, secondary education

INTRODUCCIÓN

Algunos contenidos científicos, como los relacionados con la estructura de la materia y los modelos atómicos, se caracterizan por ser temas relevantes en la enseñanza de la Física y la Química pero también resultan difíciles de comprender por los estudiantes. El abordaje que plantean los manuales escolares generalmente se organiza en torno a la presentación de los diversos modelos que han surgido desde la época de los antiguos griegos a la actualidad, pasando por las contribuciones más relevantes que puedan ser adaptadas para su comprensión por parte de los

estudiantes. Parga Lozano (2018) hizo un relevamiento de investigaciones que se han ocupado de analizar la forma en que se presenta la estructura de la materia y los modelos atómicos en manuales escolares, destacándose estudios desde diversas perspectivas como los realizados por: (a) Farías (2013), que analizó el modo como se presenta la ciencia en los libros de texto escolares desde una perspectiva sociológica de las ciencias; (b) González-Canle y Sánchez-Gómez (2014), que utilizaron criterios tanto historiográficos como epistemológicos para el análisis de los contenidos de física atómica y química cuántica en libros de texto de Química y (c) Malaver et al. (2004) que examinaron los estilos de prosa científica y el enfoque Ciencia-Tecnología-Sociedad en textos de Química. En general, podría afirmarse que, aunque se alude al uso de teorías, en los textos no se hacen comparaciones, ni se

explica por qué una teoría superó a otra o cómo cambió al no presentar las preguntas o los problemas que fomentaron el avance en la Química (Parga Lozano, 2018). En otros estudios que no forman parte del relevamiento propuesto por esta autora, las conclusiones obtenidas acerca del abordaje del tema en los libros de texto son similares. Así, Hernández Silva y González Donoso (2015) analizaron la forma de presentación de los modelos atómicos en libros de texto chilenos de distintos niveles educativos y hallaron, a través de un análisis del contenido cualitativo, la poca conexión entre los distintos modelos atómicos y la gran cantidad de conceptos vinculados a estos que promueven un aprendizaje descontextualizado y fragmentado sobre su evolución. Solaz et al. (2012) examinaron el tratamiento de los modelos atómicos en textos educativos de bachillerato españoles desde una perspectiva histórica y epistemológica, llegando a la conclusión de que presentan las mismas deficiencias que los textos de otros países, asociadas a una visión distorsionada de la ciencia que no pone el acento en las circunstancias que condujeron a la crisis y posterior sustitución de un modelo por otro. Moreno et al. (2010) sostienen que los libros de texto muestran los modelos atómicos como ya elaborados, sin abordarlos como problemas a solucionar, evidenciando una imagen de la ciencia acabada y lineal que omite las dificultades y controversias a las que se enfrentaron las comunidades de especialistas cuando se planteó cada modelo. Sobre la base de los estudios citados, se plantea la necesidad de estructurar los contenidos de manera integrada, opción que podría lograrse a partir de la inclusión del rol de la naturaleza de la ciencia para facilitar la articulación y comprensión de temas abstractos como los modelos atómicos (Hernández Silva y González Donoso, 2015).

En los procesos educativos orientados a la construcción de conceptos asociados a la física cuántica, como el modelo atómico actual, se desencadenan una serie de dificultades tanto en alumnos como en docentes. Garrido de Barrios et al. (2014) realizaron un estudio documental e identificaron que algunas de estas dificultades están centradas en el alumno (falta de entusiasmo por el conocimiento, problemas asociados al aprendizaje memorístico y repetitivo, temor de expresar el propio punto de vista, discutirlo y defenderlo, rechazo del trabajo académico como algo sin sentido y fracaso en los exámenes) y otras en los docentes (conocimiento superficial de la materia y puesta en marcha de un trabajo repetitivo al abordar estos temas en el aula que genera una pérdida de interés). Surge así la necesidad de generar cambios en las prácticas educativas en relación con los modelos atómicos que involucren al docente y al estudiante de manera activa, a la vez que introduzcan nuevas perspectivas de enseñanza y de aprendizaje.

En este trabajo mostramos una propuesta para el aprendizaje de contenidos relacionados con los modelos atómicos en el ciclo básico de la educación secundaria. La misma intenta superar las falencias detectadas en las investigaciones citadas, integrando en su formulación tareas de lectura y escritura en torno a textos de manuales escolares, la realización de experimentos y la utilización de simulaciones disponibles de forma abierta en la web. Organizamos la secuencia de actividades en torno a preguntas formuladas por los estudiantes que apuntan a

dilucidar aspectos referidos a la naturaleza de la ciencia y a la construcción del conocimiento científico.

FUNDAMENTACIÓN

El estudio de la estructura interna de la materia a nivel atómico y molecular no solo es importante en sí mismo, sino que sirve de base para gran parte de las explicaciones en el contexto de la disciplina (Ramírez et al., 2017). Sin embargo, investigadores como Garritz y Trinidad-Velazco (2006) detectaron la falta de más estudios sobre el conocimiento pedagógico de tópicos tales como cambios físicos y químicos, modelos atómicos, tabla periódica, enlace químico, entre otros, lo que convierte a los modelos atómicos en un tema de interés para ser estudiado en el ámbito de la didáctica disciplinar (Garrido de Barrios et al., 2014).

Para comprender la estructura atómica los científicos acuden a modelos ya que al estudiar un modelo se pueden explicar los hechos que el propio modelo representa (Acevedo-Díaz et al., 2017). Según Oh y Oh (2011), un modelo puede caracterizarse como una representación de un objeto que sirve como “puente” entre una teoría y un fenómeno. Este desempeña las funciones de describir, explicar y predecir fenómenos naturales y comunicar ideas científicas a los demás. Estos autores sostienen que es posible desarrollar varios modelos en ciencias, lo cual depende de las ideas que los científicos tienen acerca de lo que parece un objeto y cómo funciona. A su vez, estos modelos se pueden probar empírica y conceptualmente y cambiar con el proceso de desarrollo del conocimiento científico. Por lo tanto, en el aula de ciencias tanto los estudiantes como los profesores podrán aprovechar los modelos que surgen en las diversas actividades de modelado.

Así, el aprendizaje de contenidos asociados a la estructura atómica, que ha sido explicada en base a diferentes modelos atómicos a lo largo del tiempo, requiere una propuesta didáctica integral que, en palabras de Hodson (1998) incluya, entre otros aspectos, aprender ciencia y aprender sobre la ciencia. En el marco de la temática abordada en esta investigación, esta perspectiva implica adquirir conocimientos sobre los modelos como productos de la ciencia, así como sobre su historia y su desarrollo.

Para acercar a los estudiantes al conocimiento científico, el recurso más utilizado en el área de la educación en ciencias es el libro de texto o manual escolar (Guerra Ramos y López Valentín, 2011; Serrano et al., 2011; Ocelli y Valeiras, 2013; De Pro Bueno y Nortes Martínez-Artero, 2016). Para su selección y abordaje en el aula se hace necesario considerar, además de las dificultades asociadas al enfoque histórico o epistemológico que describimos en la Introducción, la forma en que se presentan los contenidos. Esto implica tener en cuenta que los textos escolares en Ciencias Naturales poseen rasgos discursivos que pueden dificultar su comprensión por parte de los estudiantes y derivar en aprendizajes poco significativos. Algunos autores proponen el trabajo colaborativo entre profesores de lengua y docentes disciplinares para facilitar la creación y aplicación de formas de mediar el texto en el aula que suplan las deficiencias del texto y permitan alcanzar niveles superiores

de aprendizaje (Barletta y Mizuno, 2005; Londoño Vásquez, 2015). Por esto, el aprendizaje de las ciencias demanda que los estudiantes conozcan los rasgos discursivos mediante los cuales los manuales construyen los significados propios del contenido disciplinar, lo cual implica la necesidad de acudir al análisis del discurso basado en la lingüística, para que los docentes se apropien de las herramientas necesarias para deconstruir los textos de estudio en clase (Moyano, 2010). El análisis de los textos, previo a su selección para ser presentados a los estudiantes, ayudaría al docente a evaluar críticamente la propuesta del manual escolar y a plantear tareas que permitan a los estudiantes superar los obstáculos para poder construir el conocimiento escolar en el área de ciencias (Autor 3 et al., 2016a). Para que el docente pueda propiciar la interacción de los estudiantes con el texto aparece la necesidad de poner el acento en los aspectos semántico-discursivos y su relación con el contexto (Martin y Rose, 2008). Uno de los aspectos más importantes a tener en cuenta es el género, el cual se relaciona con la organización de la información, distinguiéndose, entre otros: los informes, que describen el mundo natural; las explicaciones, que se centran en cómo y/o por qué suceden los procesos; los procedimientos, que instruyen sobre cómo realizar una secuencia de actividades; y los recuentos de procedimientos, que interpretan y recuentan lo observado o realizado. Este enfoque teórico, fundamentado en aportes de la Lingüística Sistémico-Funcional, constituye una perspectiva muy potente para guiar a los alumnos en el reconocimiento de los recursos lingüísticos que permiten presentar las ideas y organizar los textos en el área de Ciencias Naturales (Mattioli y Demarchi, 2008).

Atendiendo a estas consideraciones, la lectura de textos escolares en el aula de ciencias debería proporcionar el puente necesario entre la teoría y los fenómenos promoviendo la incorporación del lenguaje de la ciencia como una herramienta fundamental que le permita al estudiante describir, explicar y relatar las investigaciones que son la base para adquirir una perspectiva científica del mundo. Esto implica proponer la lectura buscando: (1) aprovechar los elementos paratextuales provistos en el libro de texto para generar anticipaciones sobre el contenido científico en relación con los conocimientos previos de los estudiantes; (2) acompañar al estudiante durante la lectura, orientándolo en el análisis de los recursos lingüísticos utilizados en el texto en diferentes niveles para favorecer la comprensión y el aprendizaje de los contenidos disciplinares; (3) integrar y aplicar lo aprendido (Autor 3 et al., 2016b).

Además de las tareas que involucran la lectura y la escritura, en el aprendizaje de las ciencias adquieren gran relevancia la actividad experimental y el uso de nuevas tecnologías para simular procesos en que se ponen en juego los modelos científicos. Varias investigaciones señalan que los profesores siguen guiándose por el libro de texto, promoviendo aprendizajes memorísticos con poca actividad experimental buscando demostrar un principio o concepto científico donde el estudiante tiene poco que decir o hacer (Busquets et al., 2016). Surge así la necesidad de probar empírica y conceptualmente los modelos, lo cual exige proponer a los estudiantes la actividad de laboratorio con elementos reales en combinación con herramientas virtuales

(Kofman, 2004). En la web están disponibles numerosos recursos virtuales de aprendizaje, consistentes en animaciones y/o simulaciones computacionales que permiten a los estudiantes aproximarse mejor a los fenómenos, especialmente en temas de difícil comprensión (Autor 3 y otro, 2013). Entre estos, las simulaciones constituyen un conjunto de herramientas interactivas, ampliamente probadas y evaluadas, que permiten a los usuarios relacionar los fenómenos con la ciencia subyacente que los explica (Cabrero Fraile et al., 2010). Según Sierra Fernández (2005), las simulaciones pueden concebirse desde una doble perspectiva: como un espacio intermediario que facilitaría la relación entre la realidad y las teorías o modelos, y como instrumento que permite la manipulación de modelos facilitando la construcción de conocimientos conceptuales y procedimentales. En todos los casos, las simulaciones se deberían integrar en todo lo que sea posible a la práctica experimental para que los estudiantes comprendan mejor el rol de los modelos científicos, sus limitaciones y su utilidad para resolver los problemas a los que se han enfrentado los científicos en la historia de la ciencia (Kofman, 2004). Algunas ventajas de los programas de simulación se relacionan con la posibilidad de modificar situaciones a través de representaciones realistas equivalentes a la manipulación directa, presentando los efectos de los cambios de diversas maneras y simultáneamente (Pósito, 2012). Esta autora añade otras ventajas como: evitar el costo de ensayar sobre sistemas reales, posibilitar la alteración de la escala de tiempos, evitar la realización de manipulaciones peligrosas, evitar la destrucción que implica el ensayo sobre sistemas reales y trabajar con elementos abstractos como cargas o partículas. En el ámbito de la enseñanza de las Ciencias Naturales, se destacan por su uso las simulaciones PhET (PhET, 2019) diseñadas para ayudar a los estudiantes a desarrollar habilidades de indagación científica explorando las relaciones causa-efecto. Estas simulaciones proveen ambientes animados, interactivos y similares a juegos que permiten la exploración científica enfatizando la conexión entre fenómenos en la vida real y su fundamento científico, haciendo lo invisible visible (como los átomos, moléculas, electrones, fotones) e incluyendo modelos visuales que los expertos usan para ayudar a su pensamiento en la interpretación.

En este trabajo presentamos una propuesta didáctica diseñada en base a un proceso de investigación que integra el uso de textos de manuales escolares (a partir de la lectura y escritura mediadas por el docente utilizando los aportes de la lingüística para el análisis de los textos y la propuesta de actividades), la realización de experimentos (que permiten confirmar o cuestionarse acerca de los modelos formulados para explicar la estructura atómica) y el uso de simulaciones (que ayudan a ampliar el estudio de los fenómenos submicroscópicos) para enseñar los modelos atómicos en el ciclo básico de la educación secundaria.

MÉTODOS

El proceso de investigación que presentamos en este artículo fue desarrollado a partir del trabajo colaborativo de un equipo interdisciplinario constituido por una docente de Química de nivel secundario y dos investigadoras,

especialistas en Lingüística y en enseñanza de las Ciencias Naturales, respectivamente. El acompañamiento de la docente se produjo en el marco de un proyecto de investigación dedicado a promover la inclusión de la lectura y la escritura en las aulas de Ciencias Naturales, habiendo surgido el trabajo conjunto de la iniciativa de la docente para mejorar sus propias prácticas en el espacio curricular Ciencias Naturales III: Físicoquímica en una institución educativa preuniversitaria en la ciudad de San Juan (Argentina).

El proceso de diseño y aplicación de la propuesta incluyó: la selección del tema, de los textos, de las simulaciones y del material de laboratorio a utilizar; el análisis de los textos y recursos seleccionados; el planteo de las actividades que se trabajarían en el aula/laboratorio; la aplicación y la evaluación de la implementación de la propuesta. La selección del tema, referido a los modelos atómicos, se fundamenta en las dificultades que la docente reportó en años anteriores en relación con el aprendizaje de los estudiantes, muchas de las cuales coinciden con las que han sido examinadas en las investigaciones citadas en la fundamentación teórica de este artículo. Seleccionamos los textos, los recursos virtuales y el material de laboratorio para el trabajo en el aula teniendo en cuenta criterios de disponibilidad y de adecuación a los objetivos educativos. El proceso de análisis de los textos, que condicionó su selección, requirió la familiarización de la docente con los aspectos semántico-discursivos y los géneros de los mismos, en función de los cuales, con el acompañamiento de las investigadoras, planteamos posteriormente las actividades de lectura y escritura. Asimismo, valoramos cuidadosamente las posibilidades y limitaciones de los experimentos y simulaciones seleccionadas para el trabajo con recursos reales y virtuales que sirvieran de apoyo en el aprendizaje de los modelos. Teniendo en cuenta los resultados de las etapas anteriores de la investigación, propusimos una secuencia didáctica de diez clases, de dos horas reloj cada una, en las que se abordaron los siguientes temas:

Clase 1: La importancia de los modelos en la comprensión de estructuras submicroscópicas.

Clase 2: Estructura interna de la materia. Ideas de los griegos. Modelo atómico de Dalton.

Clase 3: Tubos de descarga. Determinación experimental de la existencia del electrón.

Clase 4: El modelo atómico de Thomson. Radiactividad.

Clase 5: Modelo atómico de Rutherford.

Clase 6: Modelo atómico de Rutherford (Revisión). Espectros de emisión.

Clase 7: Bases experimentales del modelo atómico de Bohr. Modelo atómico de Bohr.

Clase 8: Modelo atómico de Bohr (Revisión). Aportes al modelo de Bohr. Los electrones: ¿ondas o partículas? Orbitales atómicos. Niveles y subniveles de energía. Modelo mecánico-cuántico.

Clase 9: Modelo mecánico-cuántico. Número cuántico principal y secundario.

Clase 10: Evaluación integradora final escrita e individual.

La aplicación de la propuesta se llevó a cabo en un curso de 30 estudiantes de tercer año del ciclo básico de la Educación Secundaria. Las actividades desarrolladas en cada una de las clases fueron diversas, incluyendo una multiplicidad de recursos. El hilo conductor, que fue construyéndose clase a clase para integrar las tareas realizadas, consistió en una serie de preguntas que los estudiantes fueron elaborando en cada una de las clases al cuestionarse especialmente sobre la naturaleza de la ciencia y el modo en que fueron surgiendo cada uno de los modelos. Al comenzar la secuencia didáctica, los estudiantes propusieron el siguiente interrogante inicial: ¿qué es y cómo está formado el interior de la materia? A continuación, los interrogantes formulados por ellos se fueron incrementando en cantidad y profundidad en las clases a partir de las tareas propuestas. Organizamos las mismas como: actividades de lectura mediada durante la clase por la docente que exigían simultáneamente la respuesta a guías de trabajo que los estudiantes completaron por escrito, ensayos de laboratorio y uso de simulaciones. Los alumnos trabajaron activamente durante la lectura y posterior realización de actividades propuestas en las guías.

Para evaluar la implementación de la propuesta, los estudiantes completaron una evaluación escrita e individual con consignas que pretendían la integración de los contenidos abordados durante las nueve clases anteriores y una encuesta final en la que expresaron su opinión sobre el desarrollo de la experiencia.

En el Apéndice 1 incluimos una descripción breve de las tareas propuestas en cada clase, los objetivos y las actividades implementadas.

PROPUESTA DIDÁCTICA

A fin de presentar en este artículo algunos ejemplos representativos de la secuencia didáctica desarrollada, seleccionamos las clases 2, 3 y 9, centradas en lectura y comprensión de textos, ensayos de laboratorio y uso de una simulación PhET, respectivamente, para incluirlas en forma detallada.

Clase 2: Ejemplo de inclusión de tareas de lectura mediada por la docente

En la segunda clase que forma parte de la secuencia diseñada trabajamos con la lectura de un texto compaginado por la docente a partir de segmentos de textos auténticos extraídos del capítulo 1 “Los modelos atómicos” del libro de Balbiano *et al.* (2016, pp. 10,11 y 12). Estos segmentos centran la información en describir el modelo. La selección promueve una transición de textos desde un género descriptivo a un género explicativo para abordar el tema en forma introductoria.

Las actividades que figuran en la secuencia de tareas (Apéndice 2) están diseñadas en función de los géneros identificados. A partir de los segmentos de texto que señalan características generales de una entidad, las preguntas que se formulan en la guía de trabajo apuntan a: la descripción de un modelo para el átomo, la formulación de hipótesis sobre el contenido de la unidad didáctica y la identificación de una serie de interrogantes en el texto para

poder formular un interrogante general sobre la estructura de la materia.

Clase 3: Ejemplo de inclusión de tareas experimentales

En esta clase se llevó a cabo un trabajo práctico de laboratorio que consistió en un conjunto de ensayos, tales como la observación del funcionamiento del tubo de rayos catódicos y el análisis de algunas pruebas efectuadas para determinar el carácter corpuscular del electrón (Apéndice 3). Previamente se efectuó la lectura mediada por la docente de un texto seleccionado del libro de Balbiano et al. (2016, p.12) que relata la experiencia realizada por J. J. Thomson. Los alumnos respondieron a una serie de interrogantes basados en el texto mencionado y elaboraron otros teniendo en cuenta la naturaleza de la ciencia y la forma en que se fue construyendo el conocimiento científico. Cabe aclarar que los estudiantes solo observaron y registraron el experimento, dada la peligrosidad involucrada en el manejo de los tubos de descarga y de las fuentes de alimentación utilizadas. La docente y el auxiliar de laboratorio supervisaron de forma continua el desempeño de los estudiantes.

Clase 9: Ejemplo de inclusión de tareas de lectura y uso de simulaciones

Esta clase se inicia con la lectura de un texto compaginado por la docente a partir de segmentos de textos auténticos extraídos del Capítulo 3 “Los modelos atómicos” del libro de Deprati et al. (2011, p. 68) y del Capítulo 1 “Los modelos atómicos” del libro de Balbiano et al. (2016, p. 19). Las preguntas que se formulan en la guía de trabajo apuntan a la descripción del modelo atómico mecánico cuántico y a la explicación del modelo de Bohr (Apéndice 4). A continuación, se incluye la secuencia de tareas para el uso del simulador PhET “Modelos del átomo de hidrógeno” cuya ejecución le permitiría al alumno analizar y “modelizar” las estructuras propuestas para el átomo y, de esta manera, poder inferir la evolución del modelo.

A partir de la secuencia didáctica implementada, diseñamos una actividad integradora final en la que los estudiantes tuvieron que elaborar un cuadro comparativo de los modelos atómicos estudiados y los ensayos experimentales realizados. Esta actividad les permitió recuperar las diferentes descripciones y explicaciones formuladas para la estructura del átomo por partir de los experimentos que ellos realizaron. También solicitamos que confeccionaran una lista con los interrogantes que se fueron planteando en cada una de las clases y sus respectivas respuestas a partir del análisis de los contenidos.

RESULTADOS

Durante la evaluación escrita solicitamos una producción que mostrara la evolución de las experiencias y teorías que explican la estructura de los átomos (Ver Apéndice 5). Los resultados obtenidos fueron muy satisfactorios, ya que el 93% de los estudiantes aprobó la evaluación, si se los compara con años anteriores en que esta unidad didáctica resultó un obstáculo para muchos estudiantes.

Además de la evaluación referida a temas de la unidad, después de concluida la secuencia didáctica, aplicamos una encuesta cualitativa de opción múltiple en la cual solicitamos la opinión de los estudiantes sobre los siguientes aspectos: el tiempo asignado al desarrollo del tema, los textos seleccionados, las actividades propuestas en las guías, el acompañamiento de la docente del curso, entre otros. Indicamos en cada caso los resultados obtenidos expresados en términos de frecuencia absoluta (n_i). Respecto del tiempo asignado, gran parte de los alumnos ($n=26$) respondió que le pareció adecuado para el desarrollo de los contenidos. En cuanto a los textos seleccionados, la totalidad de los alumnos consideró que fueron comprensibles ($n=30$), aunque algunos de ellos también opinaron que fueron extensos ($n=5$). De las actividades propuestas, indagamos sobre las preguntas e interrogantes planteados durante la lectura, sobre los ensayos de laboratorio y las simulaciones llevadas a cabo. Las respuestas sobre las actividades de comprensión lectora fueron bastante variadas: muchos las consideraron desafiantes ($n=18$), otros expresaron que fueron adecuadas ($n=12$) y motivadoras ($n=6$). Pocos alumnos dijeron que las mismas resultaron complejas ($n=9$) y aburridas ($n=3$). Los ensayos de laboratorio resultaron interesantes para la mayoría ($n=26$). A su vez, las simulaciones fueron novedosas y adecuadas ($n=17$) para comprender el tema, aunque a veces resultaron confusas ($n=6$). Por último, los estudiantes manifestaron que el acompañamiento de la docente en el desarrollo de la secuencia didáctica había sido apropiado ($n=24$), dedicado ($n=13$) y oportuno ($n=6$).

A continuación transcribimos algunas opiniones que fueron vertidas libremente por los estudiantes:

-las guías no eran tan largas y después de contestar algunas preguntas, comprendías mejor el tema y te resultaba más fácil seguir respondiendo;

-los textos eran buenos para extraer información al momento de estudiar;

-pude entender mejor la posición en la que estaban los científicos en el momento de estudiar el interior del átomo. Me gustaría tener más clases así, son divertidas y nos motivan a estudiar, también nos dan curiosidad de saber qué pasó al final;

-estaría bueno hacer más juegos como el de la caja negra;

-me gustó el juego de la caja negra,

-pude entender mejor la posición en la que estaban los científicos al momento de estudiar el interior del átomo;

-me pareció interesante trabajar con el simulador;

-está bueno trabajar con experimentos y simulaciones ya que hace más interesante y comprensible la materia;

-que sigamos trabajando como en esta unidad, me encantó.

CONCLUSIÓN

En este artículo hemos presentado detalles del diseño e implementación de una propuesta para la enseñanza y el aprendizaje de los modelos atómicos que intenta superar algunas dificultades señaladas por numerosas investigaciones en diferentes contextos educativos, lo cual

constituiría un aporte en el ámbito de la didáctica disciplinar de la Química en la Educación Secundaria.

Nos propusimos plantear diversos tipos de actividades que combinaran la lectura de textos, la experimentación y el uso de simulaciones como forma de abordar este tema complejo para mejorar los problemas en el aprendizaje detectados por la docente del curso en el mismo contexto en años anteriores. Desde esta perspectiva, podemos señalar que la combinación de recursos ha permitido promover la participación de los estudiantes para acercarse e interactuar con los fenómenos, ya sea de forma directa o a través de los modelos que sirven de base a las simulaciones computacionales.

Respecto de los contenidos relacionados con los modelos atómicos en los libros de texto argentinos utilizados en esta investigación, notamos que, al igual que se ha reportado en estudios realizados en otros países, hay falta de conexión entre los modelos. Surgió así la necesidad de que la propuesta resaltara una imagen de ciencia como construcción humana que se ha ido reformulando a lo largo del tiempo, lo cual exige al docente profundizar en su conocimiento de los modelos, pensar modos de resignificar la propuesta de los libros de texto y diseñar tareas que permitan superar la visión distorsionada. Para poner en evidencia el proceso de construcción del conocimiento científico y la naturaleza de la ciencia que subyace en cada caso, se hizo necesario el diseño de una estrategia que articule la relación entre los distintos modelos. En esta propuesta, esto se ha logrado, por una parte, trabajando con preguntas que los estudiantes fueron formulando y respondiendo para poner en evidencia la evolución de los modelos atómicos a lo largo de la historia de la ciencia. El planteo de un interrogante inicial, el cual se fue trabajando y complejizando a medida que se avanzaba en la unidad didáctica, intentó superar un aprendizaje fragmentado y descontextualizado ya que se sustentó en un proceso inferencial que demandó a los estudiantes ir construyendo el conocimiento científico a partir del análisis de las circunstancias y los interrogantes que condujeron a la sustitución de un modelo por otro.

Por otra parte, un aporte didáctico de la propuesta tiene que ver con la forma en que se abordó la lectura de los textos de manual escolar para acercar a los estudiantes a los modelos atómicos. El abordaje, mediado por la docente, plantea un aprovechamiento de los rasgos discursivos (elementos paratextuales, léxico, ideas del texto y sus relaciones, género, recursos lingüísticos, entre otros) para favorecer la comprensión. La propuesta no supone que el estudiante podrá por sí solo leer y responder preguntas sobre contenidos abstractos como los modelos atómicos sino que las actividades tienden puentes para acercar al estudiante a los contenidos buscando anticiparse a las posibles dificultades de comprensión, siempre con el acompañamiento de la docente en la dinámica del aula.

Otro de los aspectos a destacar se relaciona con el rol que asumió la docente disciplinar como investigadora de su propia práctica, buscando alternativas superadoras que permitieran mejorar las prácticas escolares y como mediadora en los procesos del aula guiando la discusión para favorecer la comprensión y producción escrita de los estudiantes de manera activa. Ocuparse en forma directa de la lectura en el ámbito de las clases de ciencias resultó un

desafío para la docente en el sentido que le significó familiarizarse con las características propias de los textos seleccionados intentando, en primer lugar, identificar si el texto describía o explicaba los modelos y, en segundo lugar, planificar actividades inferenciales acordes a la información, al género y a los rasgos discursivos de los textos seleccionados. El análisis cuidadoso de los textos realizado durante el proceso de selección de los mismos y durante la toma de decisiones para el diseño de las actividades puso en evidencia la importancia del trabajo de la docente con el material, realizado antes de la clase, y la riqueza del trabajo interdisciplinario en el que se puedan integrar los aportes de la ciencia misma, de su didáctica y de la lingüística para examinar los modos en que se comunican los contenidos.

La implementación de la propuesta ha favorecido el aprendizaje del contenido disciplinar que, por su abstracción, había resultado difícil de comprender para otros grupos de estudiantes en el mismo contexto educativo. Esto se ha puesto de manifiesto en mejoras significativas en los resultados obtenidos en la evaluación de contenidos acerca de los modelos propiamente dichos y acerca de su construcción a lo largo de la historia de la ciencia. Por otra parte, la variedad de recursos utilizados que se conjugan en la propuesta diseñada ha permitido que los contenidos se tornen más interesantes y más fáciles de comprender, según expresaron los mismos estudiantes.

REFERENCIAS

- [1] Acevedo-Díaz, J., García-Carmona, A., Aragón-Méndez, M. del M. y Oliva-Martínez, J. M. (2017), "Modelos científicos: significado y papel en la práctica científica", *Revista Científica*, 3(30):155-166.
- [2] Balbiano, A., Deprati, A. M., Díaz, F. G., Franco, R., Iglesias, M. C. y Molinari Leto, N. (2016), *Física y Química 3. La materia: su estructura y sus transformaciones: los intercambios de energía. Serie Santillana en línea*, Santillana, Buenos Aires.
- [3] Barletta, N. y Mizuno, J. (2005), "Una propuesta para el manejo del lenguaje del texto de Ciencias Naturales", *Zona próxima: revista del Instituto de Estudios Superiores en Educación*, 6:32-47.
- [4] Busquets, T., Silva, M. y Larrosa, P. (2016), "Reflexiones sobre el aprendizaje de las ciencias naturales: Nuevas aproximaciones y desafíos", *Estudios pedagógicos*, 42:117-135.
- [5] Cabrero Fraile, F. J., Sánchez Llorente, J. M., Sánchez García, A. B., Borrajo Sánchez, J., Rodríguez Conde, M. J., Cabrero Hernández, M. y Juanes Méndez, J. A. (2010), "Simulaciones computacionales en la enseñanza de la Física Médica", *Teoría de la Educación. Educación y Cultura en la Sociedad de la Información*, 11(2):46-74.
- [6] Deprati, A. M., López Arriazu, F., Molinari Leto, N., Balbiano, A. e Iglesias, M. C. (2011), "*Física y Química: la materia y su estructura. Características, energía y cinética de los cambios*", Santillana, Buenos Aires.
- [7] De Pro Bueno, A. y Nortes Martínez-Artero, R. M. (2016), "¿Qué pensaban los estudiantes de la diplomatura de maestro de educación primaria sobre las clases de ciencias de sus prácticas de enseñanza?", *Enseñanza de las Ciencias*, 34(1):7-32.
- [8] Farías, D. (2013), "Teoría, estructura y modelos atómicos en los libros de texto de química de educación secundaria. Análisis desde la sociología de la ciencia e implicaciones didácticas", Tesis doctoral en Formación del Profesorado: Práctica educativa y comunicación. Universidad de Barcelona, España. *Enseñanza de las Ciencias*, 31(2): 283-284.
- [9] Garrido de Barrios, N., Arias-Rueda, M. J. y Flores, M. (2014), "Tendencias educativas en el marco del aprendizaje y enseñanza de conceptos fundamentales de física cuántica", *Omnia*, 20(3): 34-64.

- [10] Garritz, A. y Trinidad-Velasco, R. (2006), "El conocimiento pedagógico de la estructura corpuscular de la materia", *Educación Química*, 17(extraordinario):236-263.
- [11] González-Canle F. y Sánchez-Gómez, P. (2014), "Contenidos de estructura atómica y molecular en libros de texto españoles de química general (1928-1978)", *Enseñanza de las Ciencias*, 32(3):671-689.
- [12] Guerra Ramos, M. T. y López Valentín, D. M. (2011), "Las actividades incluidas en el libro de texto para la enseñanza de las ciencias naturales en sexto grado de primaria: análisis de objetivos, procedimientos y potencial para promover el aprendizaje", *RMIE*, 16(49):441-470.
- [13] Hernández Silva, C. y González Donoso, A. (2015), "Uso de mapas de Thagard para analizar la articulación conceptual de los modelos atómicos en los libros de texto chilenos, bajo la mirada de la historia y naturaleza de la ciencia", *Escenarios*, 1(16): 07-30.
- [14] Hodson, D. (1998), "Science Fiction the continuing misrepresentations of science in the school curriculum", *Curriculum Studies*, 6 (2):191-216.
- [15] Kofman, H. (2004), "Integración de las funciones constructivas y comunicativas de las NTICs en la enseñanza de la Física Universitaria y la capacitación docente", *Revista de Enseñanza de la Física*, 17(1):51-62.
- [16] Londoño Vásquez, D. A. (2015), "De la lectura y la escritura a la literacidad: Una revisión del estado del arte", *Anagramas Rumbos y Sentidos de la comunicación*, 13(26):197-220.
- [17] Malaver, M., Pujol, R. y d'Alessandro, M.A. (2004), "Los estilos de prosa y el enfoque ciencia-tecnología-sociedad en textos universitarios de química general", *Enseñanza de las ciencias*, 22(3):441-454.
- [18] Martin, J. R. y Rose, D. (2008), *Genre relations: Mapping culture*, Equinox, London.
- [19] Mattioli, E. I. y Demarchi, A. (septiembre de 2008), "Aplicación del análisis gramatical propuesto por la Lingüística Sistemática Funcional para resolver los problemas de lectura y escritura académica de los alumnos de ingeniería", *VI Congreso Argentino de Enseñanza de la Ingeniería*, Salta, Argentina.
- [20] referencia no encontrada {comp err 5062}
- [21] referencia no encontrada {comp err 5062}
- [22] referencia no encontrada {comp err 5062}
- [23] Moreno, J. E., Gallego, R. y Pérez, R. (2010), "El modelo semicuántico de Bohr en los libros de texto", *Ciência & Educação*, 16 (3):611-629.
- [24] Moyano, E. (2010), "Aportes del análisis de género y discurso a los procesos de enseñanza y aprendizaje escolares: Las ciencias biológicas y la historia", *Discurso y Sociedad*, 4(2):294-331.
- [25] Occelli, M. y Valeiras, N. (2013), "Los libros de texto de ciencias como objeto de investigación: una revisión bibliográfica", *Enseñanza de las ciencias*, 31(2):133-152.
- [26] Oh, P. S. y Oh, S. J. (2011), "What teachers of science need to know about models: An Overview", *International Journal of Science Education*, 33(8):1109-1130.
- [27] Parga Lozano, D. L. (2018), "Investigaciones en Colombia sobre libros de texto de química: análisis documental", *Tecné Episteme y Didaxis TED*, 44:111-128.
- [28] PhET (2019), "*Physics Interactive Simulation*", Universidad de Colorado. Tomado de <<https://phet.colorado.edu/es/>>. (Febrero, 2019).
- [29] Pósito, R. (2012), "*El problema de enseñar y aprender ciencias naturales en los nuevos ambientes educativos. Diseño de un gestor de prácticas de aprendizaje GPA*", Tesis de maestría en Tecnología Informática Aplicada en Educación, Universidad Nacional de La Plata.
- [30] Ramírez, S., Fleisner, A. y Viera, L. (2017), "Temas de química cuántica: análisis de su presentación en libros de texto de química general", *Educación Química*, 28(3):147-153.
- [31] Serrano, R. M., Moraga, M. y Lazo, L. (2011), "Análisis taxonómico de los libros de texto para la enseñanza de Química en educación media", *Diálogos educativos*, 22:38-68.
- [32] Solaz, J., Sanjosé, V. y Civera, E. (2012), "¿Es adecuada la presentación de los modelos atómicos desde el punto de vista histórico y epistemológico en los textos educativos de Bachillerato?", *Química Viva*, 11(3):229-239.
- [33] Sierra Fernández, J. L. (2005), "*Estudio de la influencia de un entorno de simulación por ordenador en el aprendizaje por investigación de la Física en Bachillerato*", Secretaria General Técnica. Ministerio de Educación y Ciencia, Madrid.

(Apéndices se publican en sitio web de la Revista de la Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales)