

# El texto del manual escolar de ciencias: ¿puente u obstáculo para el aprendizaje?

The text of the science textbook: bridge or obstacle for learning?

REVISTA  
DE  
ENSEÑANZA  
DE LA  
FÍSICA

**Carla Maturano, Carina Rudolph, María Amalia Soliveres**  
*Instituto de Investigaciones en Educación en las Ciencias Experimentales (I.I.E.C.E.). Facultad de Filosofía, Humanidades y Artes, Universidad Nacional de San Juan, Av. J.I. de La Roza 230 (Oeste). Capital, CP 5400, San Juan, Argentina.*

**E-mail:** cmatur@ffha.unsj.edu.ar

## Resumen

Los textos de manuales escolares no siempre se constituyen en un puente para facilitar el aprendizaje porque su comprensión requiere superar ciertos obstáculos. En este trabajo analizamos dos textos breves de física sobre reacciones nucleares extraídos de un manual escolar de nivel secundario a fin de identificar si la presentación y el tratamiento del contenido favorecen u obstaculizan la comprensión y la construcción del conocimiento. Adaptando una taxonomía de tres niveles propuesta para los manuales de ciencias, analizamos la estructura general, el material textual y el visual a fin de desentrañar la lógica de su organización. Los resultados permiten exponer fallas o “huecos” en los textos e imágenes que requerirían procesos inferenciales por parte del estudiante que demandan una mediación del docente. Consideramos que un análisis de este tipo podría ayudar al docente a evaluar críticamente un manual antes de su uso en el aula para plantear tareas que permitan a los estudiantes superar los obstáculos para poder construir el conocimiento escolar en el área de ciencias.

**Palabras clave:** Manual escolar; Física; Reacciones nucleares; Taxonomía; Escuela secundaria.

## Abstract

The texts from school textbooks not always act as a bridge to facilitate students' learning because their comprehension poses certain difficulties that have to be overcome. In this article we analyze two Physics texts about nuclear reactions from a secondary school textbook with the aim of identifying if the presentation and the treatment of the scientific content favors or hinders comprehension and the construction of knowledge. By adapting a three level taxonomy proposed for the study of science textbooks, we analyzed the general structure, the textual material and the visual one in order to understand the logic of their organization. The results allowed the detection of certain failures or “gaps” in the texts and the images which would require inferential processes on the part of the students and the teacher mediation. We consider that this type of analysis could help the teacher to critically evaluate the text before using it in class so as to design tasks that help students to overcome the obstacles to construct the school knowledge in science.

**Keywords:** School textbook; Physics; Nuclear reactions; Taxonomy; Secondary school.

## I. INTRODUCCIÓN

El libro de texto o manual escolar constituye un tipo textual que se caracteriza por un marcado propósito pedagógico en el sentido que condensa los contenidos que debería aprender un alumno en una disciplina determinada. A pesar de su gran importancia educativa y científica, los manuales escolares no siempre resultan totalmente adecuados para este objetivo. El modo de presentar la ciencia y el lenguaje que usan suelen actuar más de barrera que de puente para facilitar el acceso al conocimiento a una mayoría del alumnado y pueden comunicar a los lectores una visión que se aleja de sus concepciones e intereses personales respecto de los contenidos que se abordan en los libros (Márquez y Prat, 2005). Por lo tanto, resultaría conveniente y necesario que el docente de ciencias analizara el contenido disciplinar que el texto presenta con el objetivo de actuar como mediador entre el texto y el estudiante, y acercarlo a una visión más comprensible acerca del mundo. Según Petrosino (2010), la enseñanza de una disciplina debería

incorporar necesariamente actividades para enseñar a leer e interpretar los tipos de textos que expresan los contenidos de esa disciplina.

En este trabajo nos proponemos analizar dos textos de Física de un manual escolar de uso corriente en el nivel secundario, con el objetivo de identificar si la presentación y el tratamiento del contenido científico favorecen u obstaculizan la comprensión y la construcción del conocimiento. Para esto, caracterizamos el material textual y visual de los dos textos breves a fin de desentrañar la lógica de su organización para exponer fallas o “huecos” que requerirán procesos inferenciales específicos por parte del estudiante que demandarán, en muchos casos, la mediación del docente.

## II. MARCO TEÓRICO

Los textos de manuales escolares constituyen un modo usual de aproximación al objeto de conocimiento en las distintas asignaturas y, a su vez, una fuente de dificultad que impacta en los aprendizajes. Parodi (2012), señala que este tipo textual se revela como la herramienta discursiva por excelencia en el acceso a los contenidos disciplinares en la escuela. El manual se caracteriza por una asimetría entre el nivel de conocimientos de emisores y receptores. Por esto, buscan presentar a los alumnos un conjunto de hechos para ser aprendidos. Así, los textos escolares reducen, simplifican y generalizan siglos de actividad científica para que pueda ser interpretada por los alumnos (Veel, 2005). En efecto, los autores de manuales no solamente deberían ser expertos en un área disciplinar determinada, sino también, manejar estrategias para facilitarles a los alumnos el acceso al conocimiento. En la presentación del contenido, generalmente, los autores parten de los conocimientos previos y de las experiencias personales de los alumnos, luego abordan una nueva problemática y hacen un cierre conceptual del contenido del texto proponiendo actividades (Gazali, 2005).

En el texto de ciencias en general, y en el texto de Física en particular, interactúan diversos sistemas: (1) un sistema verbal, conformado por palabras, frases y oraciones que constituyen la expresión de significados basados en lo lingüístico, exclusivamente; (2) un sistema gráfico que permite la presentación de datos en determinados formatos tales como fotografías, diagramas, tablas, entre otros; (3) un sistema matemático conformado por grupos de gráficas, signos o representaciones que codifican significados simbólicos; y (4) un sistema tipográfico constituido por la forma, tamaño y color de las letras, el cual no se restringe a una cuestión de estética visual, sino que aporta un potencial de significado. Por esto, es necesario emplear un conjunto de múltiples sistemas semióticos para acceder al discurso en estas disciplinas (Parodi, 2010).

El análisis de los textos de manuales escolares requiere un posicionamiento teórico desde la Lingüística por lo que, en este artículo, discutiremos algunos aspectos del tratamiento de los contenidos a la luz de los aportes de la Teoría de Géneros de la Lingüística Sistemico-Funcional (LSF). Según este enfoque, los géneros son configuraciones recurrentes de significado que representan las prácticas sociales de una determinada cultura (Martin y Rose, 2008). Estos autores definen al género como una actividad orientada a un propósito, planteada en etapas y con sus propias estructuras esquemáticas. Dentro de este marco teórico, diversos autores (Veel, 2005; Martin y Rose, 2008) presentan taxonomías de los géneros escritos utilizados en ciencia en la escuela secundaria, señalando que los más frecuentes son los informes y las explicaciones, los cuales juegan un rol complementario al explorar un tema. Mientras que los informes muestran cómo es un área del conocimiento científico, las explicaciones cuentan cómo o por qué el mundo se comporta de determinados modos. Los informes pueden ser descriptivos (describen una entidad y sus rasgos o características), clasificatorios (clasifican y/o subclasifican entidades en relación con un criterio o conjunto de criterios) o composicionales (describen los componentes de una entidad). Las explicaciones pueden ser secuenciales (explican cómo se produce un fenómeno mediante una secuencia simple de causas y efectos usando relaciones causales obligatorias), causales (explican a partir de múltiples causas por qué se produce un evento o fenómeno), de consecuencia (explican el o los efectos de un evento), condicionales (explican eventos cuyos efectos pueden variar dependiendo de ciertas condiciones), entre otras. Estos géneros no siempre se dan de manera pura. Veel (2005) señala que los géneros escritos en ciencia en la escuela secundaria rara vez ocurren aislados o independientes de los otros géneros.

Además, tal como señala Lemke (1998), la ciencia no se hace ni se comunica exclusivamente a través del lenguaje verbal puesto que muchas entidades científicas son inaccesibles a la percepción cotidiana y necesitan, para ser comprendidas, de una representación visual. Esta tendencia es fácilmente constatable si se analizan libros de texto de las últimas tres décadas, donde la incorporación de la imagen, el formato del texto, la tipografía, el diseño y el color contribuyen al nuevo tratamiento de la información (Kress y van Leeuwen, 2006). El significado de la palabra puede ser modificado por la imagen y viceversa, dando un resultado nuevo, fruto de la interacción de los dos lenguajes. Texto e imagen en un mismo contexto no deberían ser en absoluto redundantes, en el sentido de que representen dos maneras de expresar las mis-

mas ideas, sino que nos conducen a interpretaciones conjuntas de las cuales obtenemos un nuevo significado (Lemke, 2002). Los informes y explicaciones en ciencias generalmente presentan un conjunto de relaciones complejas entre los componentes verbales y visuales. Tales textos multimodales construyen significados que pueden estar explícitos o deben ser inferidos por el lector a partir del texto verbal o del conocimiento previo (Martin y Rose, 2008).

Esta compleja relación es evidente en los textos de los manuales escolares de ciencias. El análisis del material textual y visual presentado en un manual escolar debería formar parte de las tareas del docente al planificar una clase si consideramos, tal como señalan Márquez y Prat (2005), que los manuales escolares no siempre constituyen el vehículo de comunicación ideal para exponer, explicar y debatir las ideas científicas. Según Ramírez (2007) es necesario que el docente logre advertir la posibilidad de que los textos escolares puedan contener elementos que se contrapongan a lo que se debe esperar de un recurso pedagógico tan masivamente utilizado y evalúe su calidad didáctica, la actualización de los contenidos y la adecuación al grupo de estudiantes, entre otros aspectos.

El análisis del material textual y visual del manual adquiere especial relevancia cuando se trata de enseñar temas que se han incluido recientemente en el currículo, como ciertos temas de la Física contemporánea. El núcleo de aprendizajes prioritarios (NAP) para el ciclo básico de la educación secundaria argentina fija como uno de los logros de aprendizaje deseados “La aproximación al concepto de reacción nuclear usando el modelo atómico actual simplificado (núcleo y nube electrónica)” (ME, 2011, p. 20). Los contenidos relacionados con este propósito son tratados en los manuales escolares de las últimas décadas por lo que su análisis resulta relevante para evaluar su posible impacto en la enseñanza de la estructura e interacciones de la materia en el nivel secundario. Investigaciones en el contexto español muestran que los libros de texto no introducen estos contenidos en su versión más actualizada (Tuzón y Solbes, 2014). Por el contrario, considerados globalmente, presentan características que no favorecen el aprendizaje adecuado de algunos temas, introduciendo incluso algunas ideas incorrectas, lo que podría derivar en que los docentes lleven al aula de forma acrítica los conceptos presentados de manera errónea y/o desde orientaciones que no tienen en cuenta los resultados de la investigación didáctica desde las teorías aceptadas actualmente (Sinarcas y Solbes, 2013). En este trabajo proponemos una forma de analizar el manual escolar aplicada a textos sobre reacciones nucleares para sacar a la luz aquellos aspectos en los cuales es necesaria la intervención del docente para guiar su lectura e interpretación a los fines de favorecer el aprendizaje del contenido disciplinar.

### III. CATEGORÍAS DE ANÁLISIS

Adaptando para este análisis la taxonomía de tres niveles de Devetak y Vogrinc (2013) y algunas categorías de Dimopoulos y otros (2003), y Devetak y otros (2010), propuestas en esta línea de investigación para el estudio de los manuales de ciencias, analizamos el capítulo 6 referido a “Reacciones nucleares” del manual escolar de Balbiano y otros (2016). La elección del manual se fundamenta en que se trata de una edición actual de una editorial de gran circulación en el medio, que aborda los contenidos propuestos para este tema en los NAP. Los niveles analizados son: (1) *Estructura general*; (2) *Material textual* y (3) *Material visual*. En el Nivel (1) analizamos características generales del manual y del capítulo (temas abordados, organización, entre otros aspectos). Los niveles (2) y (3) se relacionan con la información del texto y con el modo en que las imágenes la ilustran, complementan o amplían. Para dichos niveles distinguimos las siguientes categorías:

#### *Nivel 2: Material textual*

2.I. *Tipos de material textual*: analizamos los géneros que se incluyen, si los mismos se manifiestan en forma pura o coexisten varios géneros en un mismo texto y las marcas lingüísticas que favorecen la detección del género.

2.II. *Aspectos conceptuales o análisis del contenido*: analizamos si el contenido abordado responde a los marcos teóricos consensuados por los expertos referidos a las reacciones nucleares y evaluamos en qué medida la información del texto favorece u obstaculiza la comprensión del contenido.

#### *Nivel 3: Material visual*

3.I. *Tipos de material visual*: distinguimos imágenes reales -que presentan la realidad de acuerdo a la percepción óptica humana-, imágenes convencionales -consistentes en gráficos, diagramas, mapas, estructuras moleculares, construidas de acuerdo con el consenso técnico-científico-, e imágenes híbridas -que combinan las categorías anteriores- (Dimopoulos y otros, 2003).

3.II. *Aspectos representados en el material visual*: diferenciamos en el manual de ciencias las imágenes macroscópicas -que muestran fenómenos naturales o experimentales a nivel sensorial- y las imágenes submicroscópicas -que presentan un nivel particular de conceptos como átomos, iones, núcleos atómicos, moléculas, entre otros- (Devetak y otros, 2010).

Teniendo en cuenta los niveles y las categorías señalados analizamos el manual escolar seleccionado y los textos e imágenes del capítulo. La confiabilidad del análisis realizado se relaciona con la metodología utilizada que conjuga los aportes de tres analistas investigadores, con formación en Física, Educación y Lingüística, que examinaron cada texto.

## IV. RESULTADOS DEL ANÁLISIS

En este trabajo mostramos en detalle los resultados obtenidos para dos textos breves que tratan “La radiactividad” y “La semivida de un radioisótopo”, los cuales forman parte de los contenidos introductorios más generales abordados en el capítulo y sirven de base para la lectura de los temas siguientes. Incluimos a continuación el análisis, detectando aspectos que deberían ser abordados explícitamente en el aula para evitar dificultades en el aprendizaje del contenido disciplinar.

### A. Nivel 1: Estructura general

El manual seleccionado (Balbiano y otros, 2016) es la última edición a la fecha para Física y Química de tercer año del ciclo básico del nivel secundario publicada por una de las editoriales de uso corriente en el contexto educativo argentino. El manual tiene 176 páginas y el capítulo referido a reacciones nucleares que analizamos en este artículo consta de 18 páginas. En el capítulo se incluyen: la radiactividad, los radioisótopos, tipos de reacciones nucleares, las centrales nucleares, aplicaciones de los radioisótopos, dos textos de divulgación y dieciséis actividades finales. El porcentaje de material visual intercalado es de 1,5 imágenes por página, en promedio.

### B. Nivel 2: Material textual

La transcripción de los textos seleccionados y las imágenes figuran en el Anexo.

#### B.1. Análisis del Texto 1

El análisis del título y de las ideas resaltadas en negrita permite hacer anticipaciones del contenido del texto. En un simple intento de vincularlas, sería posible anticipar que: la radiactividad ha de relacionarse con las reacciones nucleares y el decaimiento de los núcleos, los cuales han de tener que ver con los números N y Z y sus relaciones y con las fuerzas hadrónicas.

A los fines de analizar los tipos de material textual, destacamos que el texto se organiza a partir de dos preguntas retóricas “¿a qué se deben las emisiones radiactivas espontáneas...?”, lo que lleva a hipotetizar que se explicará en el texto las causas de esto y “¿en qué parte del átomo ocurren...?” lo que hace presuponer que la respuesta se relacionará con la composición del átomo. La segunda pregunta se subordina a la primera, por lo que podemos señalar que el género dominante del texto es una explicación causal. Las marcas lingüísticas que confirman esta organización serían: “a qué se deben”, “se debían a”, “podría esperarse que”, “no sucede porque”, entre otras. Sin embargo, este género no se presenta de manera pura. Para que los estudiantes comprendan la explicación es necesario introducir otros conceptos mediante relaciones que no son necesariamente causales. Es así que se pueden reconocer otros géneros que coexisten formando parte de esta explicación causal, como son el informe descriptivo y el informe composicional.

En el primer párrafo, se da una primera respuesta a la pregunta retórica “¿a qué se deben las emisiones radiactivas espontáneas...?”, indicando que su causa son las reacciones nucleares. Como en los capítulos anteriores del manual se han abordado las reacciones químicas, en este apartado se describen las características y se establece una comparación entre ambos tipos de reacciones que ayude al estudiante a diferenciarlas. Las marcas lingüísticas que confirman esto son: “a diferencia de”, “en comparación con”. Los aspectos que se comparan son: en qué parte del átomo ocurren cada una de estas reacciones y la cantidad de energía que interviene en ellas.

Posteriormente, para explicar “La estabilidad del núcleo atómico” según se indica en dicho subtítulo, se retoman contenidos anteriormente tratados en el libro (“Como ya estudiaste...”). Este contenido se aborda mediante un informe composicional del átomo. Las marcas lingüísticas correspondientes son: “está formado por” y viñetas que listan los componentes (protones, neutrones y electrones).

Por último, para responder la primera pregunta retórica, se propone una consecuencia hipotética de la repulsión entre los protones apoyada en el conocimiento de las fuerzas eléctricas que los autores asumen que tienen los estudiantes al utilizar la expresión “podría esperarse que”. Como dicha consecuencia no es posible porque llevaría a “la destrucción del núcleo”, se introduce mediante una descripción un nuevo concepto, las fuerzas hadrónicas, que primero se definen y luego, en comparación con las fuerzas de re-

pulsión eléctrica, se asocian con una de las causas de la estabilidad nuclear. Para introducir el otro factor interviniente (“la proporción de neutrones y protones”) que “contribuye” a la estabilidad se utiliza el conector de adición “además”. Según el comportamiento de los factores expuestos, las consecuencias son diferentes. El texto asocia la estabilidad nuclear en algunos casos (“presentan determinada estabilidad”) con el segundo factor, distinguiendo la relación entre  $N$  y  $Z$  para núcleos ligeros y núcleos pesados. En otros casos, (“sin embargo, no en todos los casos es así”) la inestabilidad se asocia con la relación entre las fuerzas hadrónicas y las de repulsión eléctrica. La explicación causal de la emisión radiactiva espontánea planteada inicialmente se completa indicando las consecuencias de la predominancia de la repulsión: “entonces” los núcleos se desintegran espontáneamente y liberan energía, y “en consecuencia” un núcleo inestable decae en un núcleo estable.

En lo que se refiere a los aspectos conceptuales, notamos que el contenido concuerda en líneas generales con las ideas más clásicas consensuadas por la comunidad científica para explicar las reacciones nucleares, simplificándolas para adaptarlas al nivel educativo en el que se enmarca la propuesta del manual. Sin embargo, resulta interesante destacar el uso de ciertas palabras que podrían obstaculizar la comprensión para referirse a: (a) las interacciones entre los nucleones para las cuales se usa la idea de “fuerzas hadrónicas” en vez de otras denominaciones más fáciles de asociar con el fenómeno como “*fuerza nuclear fuerte*” como es llamada en manuales universitarios (Young y Freedman, 2009, p. 711); o simplemente fuerza “*nuclear*” (Serway y Jewett, 2009, p. 1297). Si los estudiantes de este nivel no tienen conocimiento de los tipos de partículas, se les dificulta la asociación del término “hadronicas” con las fuerzas entre los hadrones que incluyen mesones y bariones (entre los que se encuentran los nucleones); (b) las energías intervinientes en las reacciones químicas en las cuales considera que se “liberan o absorben cantidades discretas o pequeñas de energía”. El término “discretas” está usado aquí como sinónimo de pequeño, a pesar de que las cantidades discretas se asocian generalmente en Física al concepto de cuantización.

## B.2. Análisis del Texto 2

El análisis del título y de las ideas resaltadas en negrita no permite hacer demasiadas anticipaciones del contenido del texto puesto que introduce un nuevo concepto: la semivida de un radioisótopo, aunque sería posible vincularlo con el tiempo de decaimiento e inferir que la semivida sería equivalente a la vida media.

A los fines de analizar los tipos de material textual, este apartado se podría considerar como una explicación condicional si nos detenemos en marcas lingüísticas tales como: “depende de la probabilidad”, “puede predecirse estadísticamente”, “puede variar”, “no depende de”; aun cuando la dependencia de la condición bajo la cual un hecho ocurre no está redactada usando la marca prototípica de dicho género que sería la oración condicional. La segunda oración del primer párrafo aclara lo expresado en la primera. Para relacionar el decaimiento con el tiempo se distingue lo que “no podemos saber” de lo que “conocemos”. Se presentan en este párrafo tres conceptos que sería conveniente diferenciar como son: el número de núcleos radioactivos, la rapidez del decaimiento y el tiempo de decaimiento. El texto indica luego de qué variable depende el tiempo de decaimiento. En el segundo párrafo, se presenta implícitamente la relación condicional: si el número de núcleos es grande, entonces se puede predecir estadísticamente cuántos han decaído al cabo de un cierto tiempo. Para caracterizar el decaimiento de cada radioisótopo se define la semivida que se aplica luego a un ejemplo en el tercer párrafo. En el cuarto párrafo se menciona de qué no depende la semivida de un radioisótopo.

En lo que se refiere a los aspectos conceptuales, notamos que la palabra semivida podría dificultar la comprensión, ya que si se preguntara al destinatario del manual qué entiende por semivida antes de leer el texto, es probable que relacionará inadecuadamente el significado con la mitad de la vida y no con el tiempo de vida media.

## C. Nivel 3: Material visual

Seleccionamos para su análisis, las imágenes que acompañan cada uno de estos textos.

### C.1. Análisis de la Imagen 1

Teniendo en cuenta las categorías de análisis, esta imagen es de tipo convencional y, por los aspectos que representa, se considera submicroscópica. La misma muestra la composición del átomo e incluye una ampliación o zoom del núcleo para ilustrar las fuerzas hadrónicas y eléctricas. Se corresponde así con el informe composicional del átomo presentado en el texto y con la descripción y comparación de las fuerzas hadrónicas y eléctricas entre las partículas del núcleo. En un primer análisis es posible notar que no hay proporción en la representación del átomo usando escalas muy diferentes para ilustrar cada uno de los componentes. Además, en la representación del zoom del núcleo no se mantiene el criterio de uso de

diferentes colores para protones y neutrones respecto de la imagen central. La información del epígrafe permite distinguir mejor los efectos de las fuerzas hadrónicas y eléctricas si se lo compara con lo descrito en el párrafo y, en este aspecto, reafirma el género dominante.

Por otra parte, analizamos si los siguientes aspectos de la imagen favorecen la construcción de (a) un modelo atómico y (b) un modelo del núcleo, por parte de los estudiantes:

a- Modelo atómico: (1) el tamaño del núcleo es sólo unas pocas veces menor que el tamaño atómico; (2) se muestran seis electrones moviéndose cada uno en una órbita definida de forma elíptica, centradas todas ellas en el núcleo. La semejanza de las seis órbitas graficadas mostraría una similitud entre dichos electrones compatible con un mismo valor energético. Estas características de la representación, si no fueran abordadas convenientemente en la clase, podrían estar obstaculizando la construcción de un modelo de átomo en el que el núcleo ocupa una parte muy pequeña y los electrones, cuyas energías dependen del nivel o subnivel al que pertenecen, no se mueven en órbitas definidas. Cabe destacar que anteriormente, en el capítulo 1 del mismo manual se aborda la relación adecuada de tamaño núcleo/átomo y se incluye una descripción del modelo atómico actual por lo que esta imagen estaría contradiciendo lo que el estudiante ya sabe sobre el tema.

b- Modelo del núcleo: (1) las partículas del núcleo se indican con diferentes colores en la imagen central, pero con el mismo color en la ampliación que se realiza a los costados de la figura; (2) en las ampliaciones A y B se incluyen vectores que representan las fuerzas entre nucleones, indicándolos mediante flechas cuyo punto de aplicación varía y cuya longitud es igual, a pesar de que, tanto en el texto como en el epígrafe, se explicita que las fuerzas eléctricas son menos intensas que la fuerza hadrónica entre los nucleones; (3) signos (+) que se incluyen en la ampliación B pero no en la A. Destacamos acá el aspecto multirepresentacional del símbolo utilizado ya que codifica del mismo modo los significados de esferas del mismo color tanto para neutrones como para protones. La representación de las fuerzas entre nucleones exige al estudiante realizar varias inferencias que lo lleven a determinar a qué interacción corresponde cada una de las flechas graficadas.

## C.2. Análisis de la Imagen 2

Según las categorías de análisis, esta imagen es de tipo real porque muestra una roca e incluye aspectos submicroscópicos puesto que indica con otra tonalidad de gris la proporción restante del radioisótopo considerado para diferentes tiempos. Si bien esta imagen no se referencia en el material textual, se relaciona con la información del tercer párrafo, cuyo referente es el estroncio-90 mencionado en el párrafo anterior. Teniendo en cuenta la información proporcionada en el tercer párrafo, la imagen y su epígrafe, podríamos preguntarnos qué es lo que se reduce a la mitad cada 28 años. Según el texto, la respuesta sería la actividad radiactiva, la masa y el número de átomos; según el epígrafe sería el estroncio-90 y según la imagen podría deducirse que el estroncio-90 cada 28 años ocupa la mitad de una porción precisa de la muestra, contradiciendo así el carácter aleatorio del proceso de decaimiento que es mencionado anteriormente en el texto. Se necesitaría aquí ayuda adecuada para favorecer la comprensión del concepto de vida media que lleve al estudiante a inferir que no es lo mismo que la masa del estroncio se reduzca a la mitad a que la masa total de estroncio de la muestra se reduzca a la mitad cada 28 años y a considerar que el proceso se da en el conjunto de la muestra y no en los átomos de estroncio-90 que se ubiquen en la zona superior derecha.

## V. REFLEXIONES FINALES

El análisis realizado nos permite concluir que la presentación y el tratamiento del contenido científico que se hace en estos textos del manual exigen en primer lugar una revisión crítica por parte del docente que lo lleve a favorecer la comprensión del contenido proponiendo a los estudiantes tareas que los ayuden a superar los obstáculos detectados. La sola instrucción de leer el texto no sería suficiente para garantizar su comprensión. Las fallas o “huecos” que el docente detecte en los textos e imágenes requerirán de una mediación que promueva el interés y contribuya al aprendizaje. Si no se facilita el acceso a sus lenguajes, la visión de la ciencia se alejará de los intereses de los estudiantes.

Respecto de los géneros dominantes en el material textual seleccionado, la explicación causal en el Texto 1 y la explicación condicional en el Texto 2, el razonamiento lógico involucra comprender conceptos científicos y relaciones que no pueden darse por supuestas en un manual escolar. Si entendemos el aprendizaje de un nuevo concepto en relación con lo que el alumno ya sabe, estas vinculaciones con contenidos abordados anteriormente deberían trabajarse en la clase. Por esto, para que el estudiante comprenda la causa de las emisiones radiactivas espontáneas, hace falta identificar otros géneros (informe descriptivo y composicional) y que el docente proponga tareas que lleven al estudiante a: comparar las

reacciones químicas y nucleares, indicar los componentes del átomo, definir las fuerzas hadrónicas y compararlas con las de repulsión eléctrica y considerar la contribución de diversos factores en la estabilidad nuclear. Asimismo, para que comprenda el concepto de semivida de un radioisótopo, además de la definición del concepto mismo, es necesario explicitar la condición de validez de la ley de decaimiento radioactivo. Quedaría a cargo del docente ayudar al estudiante a desentrañar las relaciones entre las magnitudes físicas mencionadas y a diferenciar claramente los conceptos que se vinculan en el texto. En lo que se refiere al contenido, los resultados de nuestra investigación confirman lo hallado en otros contextos respecto de que la presentación que hacen los libros de texto de los conceptos relacionados con estructura e interacciones de la materia se limita a la de los modelos clásicos (Tuzón y Solbes, 2014).

Respecto de las imágenes analizadas, notamos que si bien las mismas ilustran el fenómeno, también pueden obstaculizar la comprensión del contenido dificultando el aprendizaje. Respecto de la imagen 1, el obstáculo se relaciona con la construcción adecuada de un modelo atómico y de un modelo del núcleo tanto en lo que se refiere a su tamaño como a su estructura y a las interacciones entre sus componentes. En cuanto a la imagen 2, la misma exigiría una serie de inferencias por parte del estudiante entre el material textual y el material visual que requieren una orientación del docente para que el estudiante comprenda el concepto de vida media. En consecuencia, el proceso de interpretar estas ilustraciones puede generar concepciones erróneas, algunas de las cuales surgen de detalles de la imagen que las promueven, o verse limitado por la falta de relación con el conocimiento previo del estudiante, que a veces el docente presupone que existe y que es adecuado.

Acordando con Veel (2005), cuando señala que cada disciplina organiza y utiliza el lenguaje en formas diferentes y que éste no se puede comprender sin tener un sentido sobre la forma en que las mismas organizan el conocimiento, consideramos que los docentes deberían desarrollar una competencia profesional y didáctica para evaluar críticamente los manuales antes de su uso en el aula. Esto les permitiría seleccionar el manual más adecuado y plantear tareas que optimicen el recurso, a la vez que ayuden a superar los obstáculos no sólo del texto escrito sino también del material visual para que los estudiantes construyan el conocimiento escolar en el área de ciencias. En consecuencia, la identificación del género o géneros y el análisis crítico del contenido científico y de las representaciones visuales constituirían el punto de partida para el diseño de las tareas que el docente plantee en torno al manual escolar.

## REFERENCIAS

Balbiano, A. y otros. (2016). *Física y Química 3*. Buenos Aires: Santillana.

Devetak, I. y Vogrinc, J. (2013). The Criteria for Evaluating the Quality of the Science Textbooks. En M.S. Khine (Ed.), *Critical Analysis of Science Textbooks. Evaluating instructional effectiveness* (3-15). Netherlands: Springer.

Devetak, I., Vogrinc, J. y Glazar, S. A. (2010). States of matter explanations in Slovenian textbooks for students aged 6 to 14. *International Journal of Environmental and Science Education*, 5(2), 217-235.

Dimopoulos, K., Koulaidis, V. y Sklaveniti, S. (2003). Towards an analysis of visual images in school science textbooks and press articles about science and technology. *Research in Science Education*, 33(2), 189-216.

Gazali, A. (2005). Los manuales de nivel medio. En L. Cubo de Severino y otros (Comp.), *Los textos de la ciencia. Principales clases del discurso científico* (337-355). Córdoba (Argentina): Comunicarte.

Kress, G. R. y van Leeuwen, T. (2006). *Reading images: The grammar of visual design*. London: Routledge.

Lemke, J. (1998). Multiplying meaning: visual and verbal semiotics in scientific text. En J.R. Martin y R. Veel (Eds.), *Reading Science: Critical and Functional perspectives of discourses of science* (87-111). NY: Routledge.

Lemke, J. (2002) Metamedia Literacy: Transforming Meanings and media. En D. Reinking y otros (Eds.), *Literacy for the 21st Century: Technological Transformation in a Post-typographic World*. NY: Erlbaum.

Márquez, C. y Prat, À. (2005). Leer en clase de ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, 23(3), 431-440.

Martin, J. R. y Rose, D. (2008). *Genre relations. Mapping culture*. London: Equinox.

Ministerio de Educación. (2011). *Núcleos de Aprendizajes Prioritarios Ciencias Naturales. Ciclo Básico Educación Secundaria 1° y 2° / 2° y 3° Años*. Buenos Aires: Ministerio de Educación.

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.

Parodi, G. (2012). ¿Qué se lee en los estudios doctorales?: Estudio empírico basado en géneros a través del discurso académico de seis disciplinas. *RLA. Revista de lingüística teórica y aplicada*, 50(2), 89-119.

Petrosino, J. (2010). *Una Escuela Secundaria Obligatoria para todos. El desarrollo de capacidades en la Escuela Secundaria*. Buenos Aires: Fondo de las Naciones Unidas para la Infancia.

Ramírez, T. (2007). Los maestros venezolanos y los textos escolares. Una aproximación a las representaciones sociales a partir del análisis de segmentación. *Revista de Pedagogía*, 28(82), 225-260.

Serway, R. y Jewett, J. (2009). *Física para ciencias e ingeniería con Física Moderna. Volumen 2. Séptima edición*. México: Cengage Learning Editores S.A.

Sinarcas, V. y Solbes, J. (2013). Dificultades en el aprendizaje y la enseñanza de la Física Cuántica en el bachillerato. *Enseñanza de las Ciencias*, 31(3), 9-25.

Tuzón, P. y Solbes, J. (2014). Análisis de la enseñanza de la estructura e interacciones de la materia según la física moderna en primero de bachillerato. *Didáctica de las Ciencias Experimentales y Sociales*, 28, 175-195.

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* (161–195). London: Continuum.

Young, H. D. y Freedman, R. (2009) *Física universitaria, con Física Moderna. Volumen 2. Decimosegunda edición*. México: Pearson Educación.



## ANEXO

### Texto 1 e Imagen 1 (Balbiano y otros, 2016, p. 91)

#### “La radiactividad

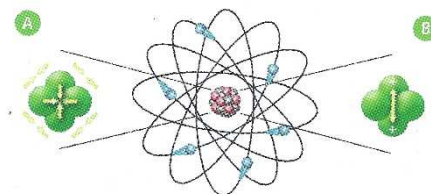
¿A qué se deben las emisiones radiactivas espontáneas de algunos elementos químicos? ¿En qué parte del átomo ocurren? Hasta fines del siglo XIX, las reacciones químicas ordinarias fueron las únicas conocidas y estudiadas por los científicos. Sin embargo, a partir del descubrimiento de los rayos X y la radiactividad, ellos se dieron cuenta de que estos fenómenos se debían a **reacciones nucleares**. Las características de estas reacciones resultaron muy particulares.

- A diferencia de las reacciones químicas ordinarias, en las que hay un reordenamiento entre los electrones de los niveles energéticos externos del átomo por ruptura de uniones químicas y formación de otras, en las **reacciones nucleares** se producen cambios en los núcleos atómicos.
- En comparación con las reacciones químicas ordinarias que liberan o absorben cantidades discretas o pequeñas de energía, las reacciones nucleares liberan grandes cantidades de energía.

#### La estabilidad del núcleo atómico

Como ya estudiaste, un átomo está formado por tres tipos de partículas:

- los protones y los neutrones –también llamados nucleones- se encuentran concentrados en una zona central o núcleo atómico (también llamado nucleido), caracterizado por un número atómico (**Z**) que es igual al número de protones, **N**, que corresponde al número de neutrones, y un número másico (**A**), donde **A** es igual a **Z + N** (como vimos en el capítulo 1);



Los protones y los neutrones se atraen entre sí debido a las fuerzas hadrónicas (A). Los protones se repelen entre sí por la fuerza eléctrica, pero esta resulta mucho más débil (B). Por lo tanto, el núcleo se mantiene cohesionado.

- los electrones, en tanto, giran alrededor de este núcleo.

Ahora bien, si los protones poseen carga positiva, podría esperarse que se repelan entre sí. Eso provocaría la destrucción del núcleo. Sin embargo, en la mayoría de los átomos esto no sucede porque en el núcleo existen fuerzas de atracción muy fuertes, llamadas **fuerzas hadrónicas**, que mantienen unidos a protones y neutrones. Las fuerzas de repulsión resultan mucho más débiles. Además, la proporción de neutrones y protones que posee el núcleo contribuye a su estabilidad. De esta manera, los núcleos ligeros presentan una determinada estabilidad, cuando el número de protones es igual al de neutrones (**N=Z**); para núcleos más pesados, la estabilidad se consigue cuando **N>Z**.

Sin embargo, no en todos los casos es así. Algunos átomos tienen núcleos inestables donde las fuerzas de repulsión superan a las de atracción. Entonces, estos núcleos se desintegran espontáneamente, y al “romperse” liberan energía. En consecuencia, afirmamos que se produce un **decaimiento** de un núcleo inestable a uno estable.”

### Texto 2 e Imagen 2 (Balbiano y otros, 2016, p. 92)

#### “Semivida de un radioisótopo

El decaimiento de un núcleo inestable es un proceso al azar. No podemos saber cuándo un determinado núcleo decaerá. Pero conocemos que el número de núcleos radiactivos disminuye con el tiempo, al igual que la rapidez del decaimiento. El **tiempo de decaimiento** depende de la probabilidad de que ese núcleo libere la energía y decaiga en un elemento estable.

Para una gran cantidad de átomos -como la que hay en cualquier muestra macroscópica de un material-, puede predecirse estadísticamente cuántos de ellos habrán decaído después de cierto intervalo de tiempo. Como el período de decaimiento varía según el radioisótopo, se define su **semivida** o **vida media** como el intervalo de tiempo que tardan en decaer la mitad de los núcleos originales. Veamos el ejemplo del estroncio -90.

La semivida de este radioisótopo es de aproximadamente 28 años. Esto quiere decir que cada 28 años la actividad radiactiva del estroncio -90 se reduce a la mitad. Por lo tanto, su masa y el número de átomos también disminuyen a la mitad.

Cada radioisótopo tiene una semivida característica que no depende de la cantidad inicial de ese radioisótopo, ni de factores como la presión, la temperatura o la composición química.”

