

**EL TEXTO MULTIMODAL DE FÍSICA EN LA ESCUELA SECUNDARIA:  
PROPUESTA DE TAREAS DE LECTURA**

**THE MULTIMODAL TEXT OF PHYSICS IN SECONDARY SCHOOL CLASSES:  
READING TASKS PROPOSAL**

**María Amalia Soliveres<sup>1</sup>**  
msoliver@ffha.unsj.edu.ar

**Carina Rudolph<sup>2</sup>**  
crudolph@ffha.unsj.edu.ar

**Carla Inés Maturano<sup>3</sup>**  
cmatur@ffha.unsj.edu.ar

Instituto de Investigaciones en Educación en las Ciencias Experimentales  
Facultad de Filosofía, Humanidades y Artes  
Universidad Nacional de San Juan  
Argentina

**Resumen**

Los textos de ciencias, particularmente los de Física, se caracterizan por ser textos multimodales en los que interactúan (1) un sistema verbal, que constituye la expresión de significados basados en lo lingüístico, exclusivamente; (2) un sistema gráfico que posibilita la presentación de datos en formatos tales como fotografías, diagramas, tablas, entre otros; (3) un sistema matemático conformado por grupos de gráficas, signos o representaciones que permiten que el significado sea codificado simbólicamente de forma sintética; y (4) un sistema tipográfico constituido por la forma, tamaño y color de las letras. Esto implica para el estudiante enfrentar dificultades diferentes de las que se le presentan cuando lee en otro contexto. En el marco de la Lingüística Sistémico-Funcional, en este trabajo presentamos el análisis de

un texto de Física extraído de un manual escolar de uso corriente en el nivel secundario con el objetivo de caracterizar esta compleja interacción entre los sistemas mencionados. Dicho análisis es el punto de partida para el diseño de tareas de lectura que capten los significados presentes en estos sistemas y sus relaciones. Consideramos que una propuesta de este tipo le ofrece al docente de ciencias un modo de evaluar críticamente el texto antes de su uso en el aula. A su vez, este análisis le ayudaría a plantear tareas que optimicen el proceso de lectura para que los estudiantes puedan superar los obstáculos y así favorecer la construcción del conocimiento escolar en ciencias en la escuela secundaria.

**Palabras clave:** Manual escolar - Multimodalidad - Física - Docentes - Nivel secundario

### **Abstract**

Science texts, particularly physics texts, are characterized by being multimodal texts in which interact (1) a verbal system, which is the expression of meanings based exclusively in the linguistic system; (2) a graphic system that allows the presentation of data in formats such as photographs, diagrams, tables, among others; (3) a mathematical system consisting of groups of graphical symbols, signs or representations that make possible to encode meanings symbolically; and (4) a typographic system constituted by the shape, size and color of the letters. This implies that the student has to face different difficulties from those presented to him when he reads in another context. In the framework of Systemic Functional Linguistics, in this work we present the analysis of a physics text extracted from a school textbook commonly used at the secondary school with the aim of characterizing this complex interaction between the systems aforementioned. This analysis is the starting point for the design of reading tasks that capture the meanings present in these systems and their relationships. We believe that such a proposal offers the science teacher a way to critically evaluate the text before it is used in the classroom. At the same time, this analysis would help teachers to propose tasks that optimize the reading process so that students can overcome obstacles and thus favor the construction of school knowledge in science in the secondary school.

**Keywords:** School textbook – Multimodality – Physics – Teachers – Secondary school

**Recepción:** 20-04-2018

**Aceptación:** 03-10-2018

## INTRODUCCIÓN

La ciencia emplea diversos sistemas semióticos que se codifican de manera particular en las distintas disciplinas. Por esta razón, los textos de la ciencia son esencialmente multisemióticos, es decir, los significados se construyen en base a una diversidad de modalidades que incluyen la verbal, la gráfica, la matemática y la tipográfica (Parodi, 2010). En el caso de la Física no solo se emplean términos específicos sino también expresiones simbólicas e imágenes que deben ser interpretadas por el docente y por el estudiante.

Desde esta perspectiva, el análisis de los diversos sistemas que se interrelacionan en los textos de un manual escolar de Ciencias Naturales debería formar parte de las tareas del docente al planificar una clase. Tal como señalan Márquez y Prat (2005), los manuales escolares no siempre constituyen el vehículo de comunicación ideal para exponer, explicar y debatir las ideas científicas. Por esto, 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 y la actualización de los contenidos, entre otros aspectos (Ramírez, 2007).

En este trabajo presentamos el análisis de un texto de Física extraído de un manual escolar de uso corriente en el nivel secundario en nuestro país, con el objetivo de caracterizar esta compleja interacción entre los sistemas mencionados y proponer tareas de lectura a partir de dicho análisis.

### Marco teórico

Los textos de manuales escolares constituyen la herramienta discursiva por excelencia en el acceso a los contenidos disciplinares en la escuela (Parodi, 2012). El manual se caracteriza por una asimetría entre el nivel de conocimiento de emisores y receptores. Mientras que los textos que se producen al hacer ciencia buscan dar a conocer avances científicos, desafiar o innovar el conocimiento científico, los textos que se utilizan en el ámbito escolar persiguen presentar a los alumnos un conjunto de hechos para ser

aprendidos. Así, los manuales escolares reducen, simplifican y generalizan siglos de actividad científica para que pueda ser interpretada por los alumnos (Veel, 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 permiten que el significado sea codificado simbólicamente de forma sintética; 4) un sistema tipográfico constituido por la forma, tamaño y color de las letras, el cual 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. En este artículo, incluimos algunos aspectos del tratamiento de los contenidos dentro del marco de la Teoría de Género de la Lingüística Sistémico-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). En el marco de la LSF, diversos autores (Veel, 2005; Martin y Rose, 2008) presentan taxonomías de los géneros escritos utilizados en ciencias en la escuela secundaria, señalando que entre los más frecuentes se encuentran los informes y las explicaciones, los cuales juegan un rol complementario al explorar un tema. Mientras que los informes se focalizan en entidades propias de un área del conocimiento científico, las explicaciones se centran en indicar 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 (se centran en 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 (abordan el o los efectos

de un evento), condicionales (focalizan en 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 de la ciencia en la escuela secundaria rara vez ocurren aislados o independientes de los otros géneros.

A su vez, tal como señala Lemke (1998), la ciencia no se hace ni se comunica exclusivamente a través del lenguaje verbal. Con el lenguaje cotidiano se pueden describir y expresar las emociones y sensaciones que nos llegan del exterior, sin embargo, la ciencia va más allá de las apariencias sensibles y por esta razón se ve obligada a idear nuevos entes abstractos y estructuras matemáticas que tienen su raíz en las propiedades de la materia y en su actividad natural pero que están fuera del alcance de los sentidos (Herrero García, 2016). Por esto, muchas entidades científicas necesitan, para ser comprendidas, de una representación visual. El complejo proceso de creación que lleva a cabo la ciencia implica trasladar las impresiones sensoriales captadas en la observación experimental al lenguaje simbólico. Si consideramos que la Física es una actividad basada en la construcción de dicho lenguaje, que puede recoger los datos extraídos de las observaciones experimentales, entonces, tal como señala Herrero García (2016), resultaría conveniente analizar el rol que desempeñan los símbolos del lenguaje científico.

La comunicación del contenido de ciencias en el manual escolar combinando el lenguaje verbal y el lenguaje simbólico y visual se manifiesta en la tendencia, fácilmente constatable en libros de texto de las últimas tres décadas, a incorporar la imagen, la tipografía, el diseño y el color en el tratamiento de la información (Kress y van Leeuwen, 1996). Esta tendencia no es ajena al texto del manual de Física, en el cual los informes y explicaciones generalmente presentan un conjunto de relaciones complejas entre los sistemas semióticos ya mencionados. Tales textos multimodales incluyen 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).

La construcción de significados por parte del estudiante estará condicionada por múltiples factores, como la presentación y el tratamiento del contenido científico que se haga en el texto, la habilidad del estudiante para desentrañar la lógica de su

organización y establecer relaciones entre sus conocimientos previos, el material textual y el material visual, entre otros. Estos procesos inferenciales específicos por parte del estudiante demandarán, en muchos casos, la mediación del docente, quien deberá analizar el texto en profundidad y proponer tareas que guíen al alumno en la comprensión del texto y, en consecuencia, en la construcción del conocimiento escolar de ciencias.

## Metodología

El texto seleccionado para este estudio ha sido extraído de una edición reciente del manual de Física y Química de Balbiano et al. (2016) para el tercer año del ciclo básico del nivel secundario publicado por una de las editoriales de uso corriente en el contexto educativo argentino. Dentro del capítulo correspondiente a las reacciones nucleares, analizamos y proponemos actividades para el texto titulado “Tipos de decaimiento radiactivo” (Figura 1).

### 1 Tipos de decaimiento radiactivo

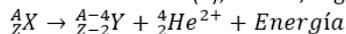
¿Qué es lo que emite un elemento radiactivo cuando se produce su desintegración nuclear? ¿Qué son exactamente las radiaciones: haces de energía o partículas? En la actualidad se acepta que cuando se produce una desintegración nuclear pueden emitirse tres tipos de radiaciones: partículas alfa, partículas beta y rayos gamma. Estas radiaciones se emiten a diferentes velocidades y tienen distintas capacidades de ionizar y penetrar la materia.

#### Partículas alfa

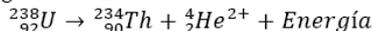
Las **partículas alfa** ( $\alpha$ ) están formadas por dos neutrones y dos protones, tienen una masa de 4 uma y dos cargas positivas, equivalentes a un núcleo de helio. Como la masa y el volumen de estas partículas son relativamente elevados, estas radiaciones viajan a poca velocidad, con trayectorias prácticamente rectilíneas. Por lo tanto, tienen un **poder de penetración bajo**. No llegan a pasar la piel de un ser humano, aunque son peligrosas si se ingieren o inhalan.

Además, si las partículas alfa chocan con los electrones periféricos de algún átomo, pueden arrancarlos y provocar la ionización atómica. Por ello, afirmamos que las partículas alfa tienen **poder ionizante**.

Cuando un átomo radiactivo emite una partícula alfa, la masa atómica (**A**) del átomo resultante disminuye en cuatro unidades y el número atómico (**Z**), en dos, según la ecuación general:



Por ejemplo, el decaimiento del uranio-238 conduce a la aparición de un átomo de torio y un núcleo de helio, y se representa de la siguiente manera:

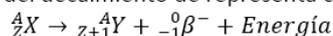


#### Partículas beta

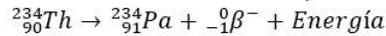
Las **partículas beta** ( $\beta$ ) abandonan el átomo a una velocidad cercana a la de la luz con una trayectoria sinuosa, condición que les permite atravesar algunos materiales. Tienen menor poder ionizante que las partículas alfa pero mayor poder de penetración. Se pueden detener con una lámina de aluminio del mismo modo que las partículas alfa, las beta son peligrosas cuando se ingieren o inhalan.

Existen dos tipos de partículas beta ( $\beta$ ) emitidas por un núcleo inestable:

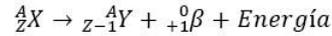
Las **negativas** ( ${}^0_{-1}\beta^-$ ). Son idénticas a los electrones, es decir que tienen carga (-1) y su masa es 7000 veces más pequeña que la de las partículas alfa. En este caso, a partir del elemento de origen, el número atómico (**Z**) aumenta en una unidad y la masa atómica (**A**) se mantiene constante. La ecuación general del decaimiento de representa como:



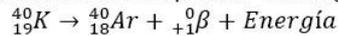
Un ejemplo para este caso es el decaimiento del torio-234 a protactinio-234, cuya ecuación es:



- 35 Las **positivas** o **positrones** ( ${}_{+1}^0\beta$ ). Su masa es igual a la de un electrón pero con carga positiva. En este caso, **Z** disminuye en una unidad, mientras que **A** se mantiene constante. La ecuación general de decaimiento es la siguiente:

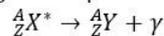


Un ejemplo de decaimiento beta positivo es el del potasio-40 a argón-40, según la ecuación:

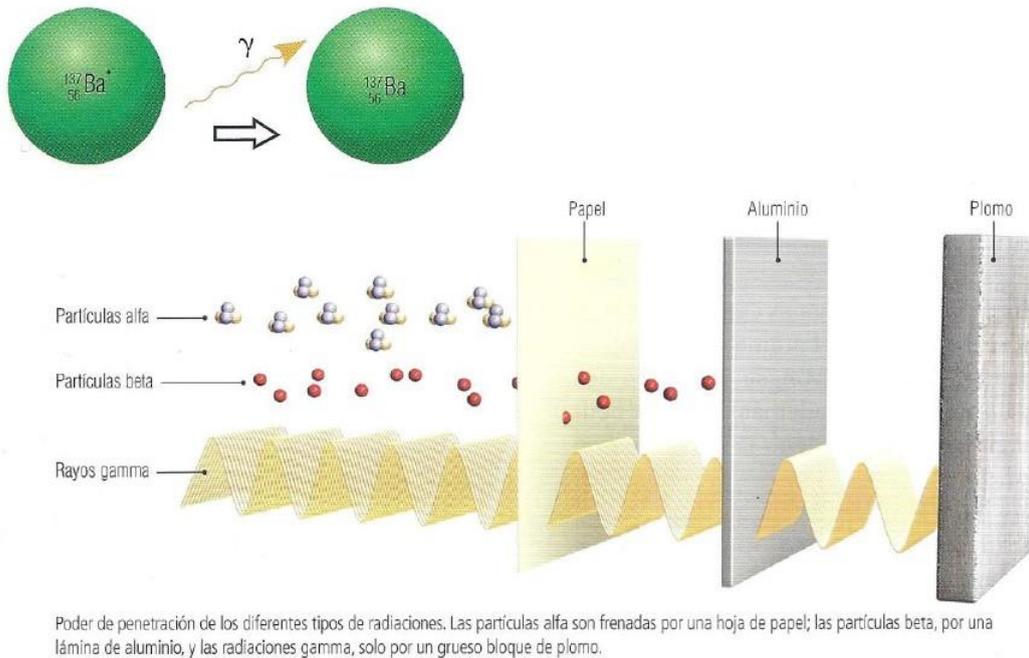


### Rayos gamma

- 40 La naturaleza de los **rayos gamma** ( $\gamma$ ) es muy distinta a la de las partículas alfa y beta. Se trata de ondas electromagnéticas idénticas a la de la luz, pero con un contenido energético muy superior. Esas propiedades hacen que estos rayos, desprovistos de masa, sean muy veloces y capaces de atravesar la materia sin ionizarla, así como de realizar amplios recorridos sin que los frene ningún obstáculo. Son **muy penetrantes**. Para detenerlos hay que interponer en su camino una gruesa lámina de plomo.
- 45 En muchos casos las radiaciones gamma se emiten después de un decaimiento alfa o beta, como un modo de recuperar la estabilidad del núcleo después de permanecer en estado de excitación debido a las emisiones precedentes. La ecuación general que simboliza un decaimiento gamma es:



Por ejemplo, un núcleo inestable de bario-137 se estabiliza emitiendo radiación gamma.



Poder de penetración de los diferentes tipos de radiaciones. Las partículas alfa son frenadas por una hoja de papel; las partículas beta, por una lámina de aluminio, y las radiaciones gamma, solo por un grueso bloque de plomo.

**Figura 1.** Texto seleccionado

Fuente: (Balbiano et al., 2016, pp. 95-96)

En el análisis del texto escrito evaluamos aspectos relacionados con la taxonomía propuesta por Martin y Rose (2008) y algunos de los criterios formulados por Devetak y Vogrinc (2013).

*Material textual:* analizamos el género del texto, si el mismo se manifiesta en forma pura o coexiste con otros géneros, y las marcas lingüísticas que favorecen la detección

del género. Consideramos el léxico específico, el flujo de la información, es decir, la progresión temática de los significados, los participantes involucrados, el tiempo gramatical dominante en los grupos verbales, las circunstancias que aparecen en el texto, así como las relaciones que se establecen mediante el uso de conectores lógicos (Martin & Rose, 2008).

*Material visual:* analizamos la tipografía utilizada en el texto y distinguimos imágenes reales -que presentan la realidad de acuerdo a la percepción óptica humana-, imágenes convencionales -consistentes en gráficos, diagramas, estructuras moleculares, construidas de acuerdo con el consenso técnico-científico- e imágenes híbridas -que combinan las categorías anteriores (Dimopoulos, Koulaidis & Sklaveniti, 2003). También diferenciamos imágenes macroscópicas -que muestran fenómenos naturales o experimentales a nivel sensorial- y las imágenes submicroscópicas -que presentan un nivel particular de conceptos como átomos, núcleos atómicos, moléculas, entre otros (Devetak, Vogrinc & Glazar, 2010).

En base al análisis realizado, proponemos una guía de actividades para favorecer la comprensión del contenido científico del texto. Estas tareas permitirían una mediación por parte del docente promoviendo un primer acercamiento al texto durante la prelectura, una profundización del contenido en la etapa de lectura y una integración de las tareas realizadas junto con una profundización de aspectos textuales y visuales, como poslectura.

## **Resultados**

### **A. Análisis del texto**

Teniendo en cuenta los criterios anteriormente señalados para examinar el material textual y el material visual, analizamos el texto seleccionado. Dicho análisis involucra tanto el cuerpo del texto como los elementos paratextuales que incluyen, a su vez, información verbal (título, subtítulos) e información icónica o visual (imágenes, colores, variaciones tipográficas). Este proceso nos permite evaluar el texto en forma crítica a través de la deconstrucción de sus significados expresados en diversos

sistemas, lo que posibilitaría detectar aspectos que deberían ser trabajados explícitamente para favorecer la comprensión e identificar posibles obstáculos que deberían abordarse para evitar dificultades en el aprendizaje disciplinar.

### **A.1. Análisis del material textual**

Si examinamos el material textual incluido en el paratexto, advertimos que el título y los subtítulos refieren de forma directa a tres entidades. El título nos permite visualizar que se abordarán “tipos de decaimiento radiactivo” incluyendo así las partículas alfa, partículas beta y rayos gamma, según se explicita en los subtítulos, todos destacados con letra de otro color. Esta información hace posible adelantar el tema y el posible género del texto que sería un informe descriptivo que primero podría enumerar y luego describir las características de cada tipo de radiación.

El análisis del material textual nos permite identificar el género que predomina en el texto, el informe descriptivo. En un primer paso se presentan y, en un segundo paso, se caracterizan tres entidades que corresponden a las emisiones que ocurren más frecuentemente durante los procesos de desintegración nuclear. Estas entidades son: las partículas alfa, las partículas beta y los rayos gamma. La organización del texto, con subtítulos para designar a los participantes, contribuye a la identificación de estas entidades. Bajo cada subtítulo se presentan los rasgos de las radiaciones mediante grupos adjetivos y circunstancias (principalmente de tiempo y de modo) que las caracterizan. Los grupos verbales, expresados en tiempo presente del modo indicativo (por ejemplo: “son”, “es”, “tienen”), contribuyen con la detección del género. Si bien domina el género descriptivo, se incluyen algunas cláusulas que no se relacionan con la caracterización de los rasgos de las entidades sino con la explicación de estos. Por ejemplo, por medio del uso del conector “por lo tanto” en la línea 11, el texto explica el rasgo del poder de penetración de la partícula alfa.

Si nos detenemos en el material textual que forma parte del cuerpo del texto, podemos deconstruir la información presentada de la siguiente manera:

**Párrafo 1.** El texto comienza formulando dos preguntas retóricas. Para cada una de estas podemos hacer una anticipación del contenido esperado en la respuesta:

- “¿Qué es lo que emite un elemento radiactivo cuando se produce su desintegración nuclear?”: se esperaría que el texto mencione uno o más productos de una desintegración nuclear. Estos productos podrían ser partículas u ondas.
- “¿Qué son exactamente las radiaciones: haces de energía o partículas?”: se esperaría que el texto describa estas entidades y ayude a asociar los posibles productos de una desintegración (mencionados al responder la primera pregunta retórica), indicando si son partículas o haces de energía (asociados a las ondas).

Luego, el texto responde las preguntas contextualizando la respuesta mediante el conector temporal “En la actualidad”, lo que significaría que no siempre se pensó esto en la historia de la ciencia. La enumeración de las radiaciones responde ambas preguntas formuladas, puesto que indica los productos posibles de un decaimiento, aclarando en cada caso si se trata de partículas o haces de energía. En el plano del léxico específico sería necesario abordar la similitud de significados entre los conceptos “rayos” y “haces de energía”. También se utilizan como expresiones equivalentes “Tipos de decaimiento radiactivo” (en el título) y “tipos de radiaciones” (alfa, beta y gamma). Para finalizar el párrafo, se presentan algunos rasgos distintivos que permiten caracterizar las radiaciones: “velocidad de emisión”, “capacidad de ionizar la materia” y “capacidad de penetrar la materia”. Esta última cláusula permite, en parte, anticipar la progresión temática del resto del texto.

### **Párrafo 2 en adelante**

*Partículas alfa.* Las características que se presentan en el texto para describir esta radiación se organizan de la siguiente manera: (1) Definición/Composición, (2) Masa, (3) Carga, (4) Velocidad de emisión, (5) Trayectoria, (6) Poder de penetración, (7) Material que las detiene, (8) Peligrosidad, (9) Poder ionizante, (10) Ecuación general de decaimiento y (11) Ejemplo.

*Partículas beta.* En este caso, como existe más de un tipo de decaimiento beta, el texto menciona en primer lugar los rasgos comunes de los dos tipos que analizará:  $\beta^-$  y  $\beta^+$ .

Posteriormente, se detallan los rasgos propios de cada uno de estos. Notamos que las características no se describen en el mismo orden que en el párrafo anterior: (4) Velocidad de emisión, (5) Trayectoria, (9) Poder ionizante, (6) Poder de penetración, (7) Material que las detiene, (8) Peligrosidad y (1) Tipos (equivalente a la característica Definición/Composición de la descripción anterior), indicando para cada tipo: (2) Masa, (3) Carga, (10) Ecuación general de decaimiento y (11) Ejemplo.

*Rayos gamma.* Comienza la descripción comparando con las radiaciones anteriores. Posteriormente, las características que se presentan para describir esta radiación también se organizan en un orden diferente al de las radiaciones anteriores: (1) Definición/Composición, (2) Masa, (4) Velocidad de emisión, (9) Poder ionizante, (6) Poder de penetración, (7) Material que las detiene, (10) Ecuación general de decaimiento y (11) Ejemplo. No se hace alusión en este caso a su carga (3), que es nula, ni a la trayectoria (5). Tampoco se explicita su peligrosidad, aunque podría inferirse desde el texto.

Algunas de las características de las radiaciones que se exponen en el texto se presentan de modo comparativo. Esto se pone de manifiesto en el uso de marcas lingüísticas como: “poder de penetración bajo”, “menor poder ionizante que”, “mayor poder de penetración”, “del mismo modo que”, “es muy distinta a”, “muy superior”, entre otras. En algunos casos están claramente explicitadas las entidades que se comparan y en otros casos no, por lo cual se requeriría trabajar esta información en las actividades de lectura.

Como se ha mencionado, el texto incluye cuatro ecuaciones generales que corresponden a la emisión  $\alpha$ ,  $\beta^-$ ,  $\beta^+$  y  $\gamma$ , respectivamente. Las expresiones corresponden a un lenguaje simbólico que incorpora signos del lenguaje matemático, como el signo “+”, y otras convenciones del lenguaje científico como los símbolos utilizados para los elementos químicos. Para las tres primeras se presenta la ecuación general en lenguaje verbal indicando los cambios que sufre el átomo padre (X) hasta convertirse en el átomo hijo (Y) luego de la reacción. Por ejemplo, la ecuación general correspondiente a la emisión alfa es presentada en lenguaje verbal (líneas 16-17) y se espera que el estudiante asocie “un átomo radiactivo” con un átomo ~~de~~ “partícula

alfa” con el núcleo de helio  ${}^4_2\text{He}^{2+}$  (los subíndices y superíndices se relacionan con la información de las líneas 8 a 11) y el “átomo resultante” con  ${}^{A-4}_{Z-2}\text{Y}$ . La ecuación muestra la situación inicial que sufre un decaimiento que se indica con “→”, seguida de la situación final, que involucra al átomo hijo, la partícula alfa y “Energía”, la cual debe interpretarse en este caso como energía cinética asociada al movimiento de los productos de la reacción. Luego, se presenta un ejemplo donde X es el átomo de uranio (U) e Y es el átomo de Torio (Th). Una presentación similar se hace para las restantes reacciones, explicitando en cada caso el comportamiento del número atómico (Z) y el número másico (A), que se escriben como subíndice y superíndice, respectivamente. En estos casos, la “Energía” que se indica en la reacción no se limita solo al movimiento de los núcleos resultantes, como en el caso anterior, sino que involucra otro tipo de partículas como un antineutrino y un neutrino en las reacciones  $\beta^-$  y  $\beta^+$ , respectivamente. Un criterio diferente se utiliza para presentar la ecuación general del decaimiento gamma. En el texto no se hace una descripción del comportamiento de A y Z, puesto que no varían por coincidir el átomo padre y el átomo hijo. Si bien no se indica en el texto, el símbolo \* colocado detrás del átomo padre indica el “estado de excitación”. Cabe destacar que el átomo padre e hijo corresponden a un mismo elemento químico, por lo que no haría falta llamarlos con letras diferentes X e Y. En este caso, no se presenta el ejemplo en forma de ecuación sino mediante una imagen.

## **A.2. Análisis del material visual**

El análisis del material visual incluido en el paratexto nos permite caracterizar las variaciones tipográficas y las imágenes incluidas. El título y subtítulos figuran en diferente color y tamaño de letra que el resto del texto, lo que resalta su importancia. Por otra parte, las negritas se usan en el texto para indicar el tipo de partículas y su símbolo, al igual que para destacar los números másico y atómico A y Z (valores cuyas variaciones nos dan idea del tipo de decaimiento). Para las partículas alfa se identifica con negrita “poder de penetración bajo” y “poder ionizante”. Bajo el segundo subtítulo, el criterio de uso de las negritas es diferente, reservándose para las

“partículas beta”, obviando indicar con esta tipografía lo referido al poder de penetración y al poder ionizante. Para los rayos gamma el uso de negritas se restringe solamente al “poder de penetración”. Esta asimetría en el criterio de utilización de las negritas fundamentaría la necesidad de plantear alguna actividad de lectura que promueva su análisis.

Además, el texto incluye dos imágenes. La imagen que representa la radiación gamma, es una imagen convencional y submicroscópica. La misma muestra con esferas de color verde idénticas los átomos padre  ${}^A_ZX^*$  e hijo  ${}^A_ZY$ , que corresponden al  ${}^{137}_{56}Ba^*$  y al  ${}^{137}_{56}Ba$ . Se incluyen dos flechas cuyo significado es diferente. La flecha ondulada con relleno de color ocre corresponde al rayo gamma y la flecha sin relleno representa la transición.

La imagen final es una imagen híbrida puesto que conjuga elementos reales y convencionales, presentando un fenómeno a nivel submicroscópico. Según su epígrafe, la imagen muestra el poder de penetración de los diferentes tipos de radiaciones, relacionándolo con obstáculos que pueden frenarlas. Algunos de estos ya han sido mencionados en el texto como la lámina de aluminio que frena las partículas beta y el grueso bloque de plomo que frena la radiación gamma. Para las partículas alfa no coincide el obstáculo que se nombra en el texto (piel humana) y el que se grafica en la imagen (hoja de papel). Las partículas alfa son representadas utilizando un grupo de cuatro esferas que indican cada uno de los nucleones que la constituyen (dos protones y dos neutrones). Las partículas beta se muestran como esferas de color diferente al utilizado para las alfa. Los rayos gamma se representan como ondas.

## **B. Propuesta de actividades de lectura**

En base al análisis anterior, elaboramos una propuesta de actividades de lectura que tenga en cuenta la multimodalidad del texto y favorezca la comprensión del contenido disciplinar, contribuyendo, a su vez, a subsanar las dificultades detectadas. Organizamos nuestra propuesta en tres etapas con los siguientes propósitos:

- *Etapa de prelectura*: promover un acercamiento inicial al texto para intentar anticipar el contenido y el género a partir del análisis del paratexto.

- *Etapa de lectura*

*Global*: revisar las anticipaciones realizadas en la etapa anterior y relacionar algunos de los elementos paratextuales con lo expresado en el texto en lenguaje verbal.

*Por párrafos*: profundizar en la deconstrucción del texto que ayude a inferir significados y a relacionar las ideas expresadas en los diferentes sistemas semióticos involucrados.

- *Etapa de poslectura*: integrar lo leído mediante actividades que requieran volver al texto, a la vez que permitan trascender el texto reponiendo la información faltante para describir de manera completa el fenómeno físico en estudio.

### ***Etapa de prelectura***

Realiza un barrido visual del paratexto (título, subtítulos, palabras en negrita en el texto e imágenes) del texto titulado “Tipos de decaimiento radiactivo”, a fin de inferir cuál es el tema del texto y anticipar el género dominante del mismo. (Puesta en común en el grupo clase guiado por el docente).

### ***Etapa de lectura***

#### ***Lectura global***

- Realiza una lectura global individual para confirmar o rechazar las anticipaciones acerca del tema y del género del texto.
- Responde las siguientes preguntas (en el grupo clase con el acompañamiento del docente):

La información incluida en el texto, ¿confirma las anticipaciones que hiciste acerca del tema del mismo? Fundamenta tu respuesta.

¿Se confirma tu anticipación sobre el género dominante del texto? ¿Qué marcas lingüísticas avalan tu respuesta?

Considera las ideas destacadas en negrita para cada tipo de emisión radiactiva y especifica si se ha usado el mismo criterio para resaltar la información. En caso contrario, ¿qué ideas falta destacar?

¿Con qué párrafos del texto relacionarías cada una de las imágenes? Justifica.

**Lectura por párrafos** (mediada por el docente a fin de analizar en detalle el contenido del texto)

Lee el primer párrafo e identifica las preguntas que el texto formula al iniciar el primer párrafo. Intenta responderlas según lo que leíste hasta ahora.

Cuando el texto dice: “En la actualidad se acepta”, ¿qué presupone?

Identifica la información del texto que responde a cada una de las preguntas retóricas formuladas al inicio y anota la respuesta en cada caso.

Lee el apartado “Partículas alfa” y haz un listado de los rasgos o características que se mencionan en el texto para estas partículas. Analiza la imagen 2 en relación con el texto. ¿Cuál/es de las características se representan? ¿Coinciden la información brindada por el texto y la imagen? ¿Es compatible dicha información? Justifica.

Busca, a partir de los rasgos listados para las partículas alfa, la información “equivalente” referida a las partículas beta y a los rayos gamma. Compara con la imagen 2 e identifica las características representadas. Analiza si es compatible la información presentada en el texto y en la imagen.

Identifica las marcas de comparación utilizadas en el texto y subráyalas.

Observa la ecuación general de cada una de las desintegraciones descritas y analiza el significado de los símbolos X e Y. Verifica si se conserva (o no) el número de nucleones durante las reacciones.

- Responde las siguientes preguntas:

¿Pueden utilizarse como expresiones equivalentes: “Tipos de decaimiento radiactivo” (título) y “tipos de radiaciones” (línea 4)? Justifica.

Del mismo modo, la disyuntiva planteada en la segunda pregunta entre “haces de energía o partículas”, ¿corresponde a alguna distinción teórica entre los modelos físicos que se utilizan para explicar los fenómenos naturales? Justifica.

¿Qué sinónimo se usa en el texto para los “haces de energía”?

El texto adelanta algunos rasgos o características de las entidades que abordará luego, ¿cuáles son?

¿Se mencionan las mismas características para cada tipo de decaimiento? Identifica, si hubiera, rasgos del listado no descriptos para algún otro tipo de radiación.

¿Cuál es el equivalente de cada una de las radiaciones, es decir, a qué otro tipo de partículas u ondas conocidas corresponden?

¿A qué se refiere el texto cuando expresa en la línea 40 que la naturaleza de los rayos gamma es muy distinta a la de las partículas alfa y beta?

¿En qué unidades se indica la masa para la partícula alfa? ¿Cómo se compara con la masa de las partículas beta? ¿Y con los rayos gamma?

De acuerdo a lo que sabes acerca de la cuantización de la carga eléctrica, ¿en qué unidades expresa el texto la carga de las partículas? Para responder esta última pregunta analiza la expresión “dos cargas positivas” de la línea 9.

¿Con qué relaciona el texto el “poder de penetración” de una partícula? Analiza el uso del conector “Por lo tanto”, en la línea 11, y de la palabra “condición”, en la línea 24.

¿Qué se entiende por poder ionizante?

¿Puede relacionarse esta propiedad con alguna característica de la partícula? ¿Con cuál? Haz la relación correspondiente para las radiaciones alfa, beta y gamma.

¿Cómo consideras que se manifestará la energía a la que se hace referencia en las desintegraciones alfa y beta?

¿Qué significado tiene el símbolo \* en la desintegración gamma?

¿Por qué en la ecuación de la desintegración gamma no se indicará que hay una energía resultante después de la reacción?

¿A qué proceso de decaimiento corresponde la imagen 1? ¿Qué representa cada esfera? ¿Y las flechas?

### ***Etapa de poslectura***

Elabora un cuadro comparativo con la información relevada durante la etapa de lectura. Considera las entidades que se describen y los rasgos de cada una. Controla si la información que incluiste en el cuadro es acorde a las comparaciones que subrayaste en el texto. ¿Cómo rellenarías los faltantes de información que han quedado en la tabla debido a los rasgos no descriptos en el texto? (Actividad individual y posterior puesta en común de la actividad de poslectura).

## **CONCLUSIONES**

Como el texto científico es esencialmente multimodal, los textos de manuales escolares reflejan los diversos sistemas en que pueden expresarse los contenidos disciplinares. Esta multimodalidad se pone de manifiesto en el texto escolar que hemos analizado en este artículo y se convierte en un aspecto determinante para la propuesta de actividades de lectura para el abordaje del texto en el aula. Hemos logrado deconstruir la compleja interacción entre los sistemas verbal, gráfico, matemático y tipográfico. Este análisis nos ha permitido identificar el género del texto, en este caso un informe descriptivo, y relacionar el material textual y visual que se conjugan para describir tres entidades de las cuales se presentan sus características.

En general, considerando como resultado del análisis del texto, notamos que, en algunos puntos podría mejorarse la claridad con que se construyen los significados en los diferentes sistemas multimodales. En relación con el sistema verbal, no se usa el mismo orden al presentar los rasgos que caracterizan a las entidades, lo cual podría dificultar en el estudiante la anticipación de la progresión temática del texto. Al mismo tiempo, respecto del sistema gráfico no resulta suficiente la relación que se establece entre el material verbal y el visual. En efecto, las imágenes no están referenciadas ni se explican en el material textual y una de estas carece de epígrafe. Esto implicaría que las vinculaciones entre lo visual y lo textual queden libradas a lo que pueda establecer el estudiante independientemente del texto o con la ayuda del docente. Respecto del sistema matemático, el texto no explicita todos los significados de los símbolos utilizados, particularmente en el caso de las ecuaciones. Por último, respecto del

sistema tipográfico, aun cuando resulta clara la presentación de las entidades mediante un color y formato de letra diferente del cuerpo del texto, la selección de los conceptos que aparecen en negritas se ha hecho con diferentes criterios, lo cual no facilitaría una anticipación adecuada del tema del texto en la etapa de prelectura, entre otros aspectos. Tanto las potencialidades como los obstáculos detectados en el análisis realizado, han servido de base para el diseño de una propuesta de lectura organizada en etapas que promueve la construcción de significados.

En síntesis, consideramos que el análisis del contenido de un texto del manual escolar no puede restringirse solamente al texto. Es necesario, también, el análisis del lenguaje simbólico e imágenes visuales de los manuales. Un análisis del tipo que se propone en este estudio guiaría al docente en la detección de posibles dificultades y, en consecuencia, en el diseño de actividades para mediar en la lectura en la clase de ciencias para favorecer el aprendizaje del contenido disciplinar. Tal como señalan Dimopoulos, Koulaidis y Sklaveniti (2003), las implicaciones sociopedagógicas del lenguaje de las imágenes en la escuela son identificables y susceptibles de especificación. Por lo tanto, los elementos de este lenguaje podrían hacerse más accesibles a los profesores de ciencias preparándolos para superar la creencia generalizada que las imágenes son trivialmente comprensibles y tienen solo un papel complementario en el aprendizaje de los alumnos; el conocimiento funcional del lenguaje visual ayudaría al profesor de ciencias a controlar las características distintivas de este tipo especial de lenguaje y a guiar a sus alumnos para que lo aprovechen más eficazmente.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 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*. Buenos Aires, Argentina: 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* (pp. 3-15). Amsterdam, 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.
- Herrero García, M. A. (2016). *Símbolo y metáfora en Física*. Madrid, España: Punto Rojo Libros.
- Kress, G. y van Leeuwen, T. (1996). *Reading Images: The grammar of visual design*. New York, USA: Routledge.
- Lemke, J. (1998). Multiplying meaning: visual and verbal semiotics in scientific text. En J.R. Martin & R. Veel, (Eds.). *Reading Science: Critical and Functional Perspectives of Discourses of Science* (pp. 87-111). New York, USA: Routledge.
- 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, Great Britain: 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.
- 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.
- 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.  
*Traslaciones. Revista Latinoamericana de Lectura y Escritura*, 5 (10)

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). London, Great Britain: Continuum.

---

<sup>1</sup> María Amalia Soliveres es profesora de enseñanza media y superior en Inglés, por la Facultad de Filosofía, Humanidades y Artes de la Universidad Nacional de San Juan, y magíster en Lingüística Aplicada, por la Facultad de Filosofía y Letras de la Universidad Nacional de Cuyo. Se desempeña como Profesora Titular de la asignatura “Comprensión de textos en lengua extranjera” en el departamento de Geografía de la Facultad de Filosofía, Humanidades y Artes de la Universidad Nacional de San Juan, Argentina. Ha dirigido y codirigido proyectos relacionados con la lectura y la escritura en español y en inglés.

<sup>2</sup> Carina Alejandra Rudolph es profesora de Lengua y Literatura inglesa, por la Facultad de Filosofía, Humanidades y Artes de la Universidad Nacional de San Juan y actualmente realiza sus estudios doctorales en la Facultad de Educación de la Universidad Católica de Cuyo. Se desempeña como docente en las asignaturas “Inglés I” e “Inglés IV” en el departamento de Turismo de la Facultad de Filosofía, Humanidades y Artes de la Universidad Nacional de San Juan, Argentina. Es investigadora en proyectos relacionados con la lectura y la escritura en español y en inglés.

<sup>3</sup> Carla Inés Maturano es profesora de enseñanza media y superior en Física y especialista en Docencia Universitaria, por la Facultad de Filosofía, Humanidades y Artes de la Universidad Nacional de San Juan. Es doctora en Educación por la Facultad de Filosofía y Letras de la Universidad Nacional de Cuyo. Se desempeña como Profesora Titular en las cátedras Física I y Física IV de las licenciaturas en Geofísica y en Astronomía de la Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales de la Universidad Nacional de San Juan. Actualmente, dirige investigaciones sobre las prácticas de lectura y escritura en las clases de Ciencias Naturales.