

Simplificación de los textos escolares y sus posibles efectos en el aprendizaje. El caso de los sistemas del cuerpo humano en un 5to grado **Simplification of School Texts and their Possible Effects on Learning. The Case of Human Body Systems in a 5th Grade**

Valeria Edelsztein^{1,2}, Lydia Galagovsky²

¹Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET), Argentina.

²Centro de Formación e Investigación en Enseñanza de las Ciencias (CEFIEC).

Universidad de Buenos Aires. Buenos Aires, Argentina.

¹valeriae@conicet.gov.ar; ²lyrgala@qo.fcen.uba.ar

Recibido 05/06/2017 – Aceptado 02/09/2017

Resumen

En este trabajo reflexionamos sobre la manera en que la información excesivamente fragmentada y sobre-simplificada en la enseñanza de los sistemas del cuerpo humano, puede conducir a conceptos erróneos en el aprendizaje de niños de 5to grado de escuela primaria. A partir de la información presentada en el libro de texto escolar, proponemos una serie de deducciones erróneas (DE) que podrían establecer estudiantes que se inician que intentara comprender los dibujos y sus textos explicativos. Luego, utilizamos las respuestas del alumnado frente a un cuestionario *ad hoc* como evidencias para analizar cómo referentes recurrentes en sus respuestas tienen correspondencias con las deducciones erróneas propuestas.

Palabras clave: Nivel Primario, Sistemas del Cuerpo Humano, Libro de Texto Escolar, Respuestas de Estudiantes.

Abstract

In this paper, we reflect on the way in which excessively fragmented and oversimplified information in the teaching of human body systems can lead to misconceptions in learning among 5th grade elementary school students. Based on the information presented in the school textbook, we propose a series of erroneous deductions (ED) that could be made by novice students when trying to understand the drawings and their explanatory texts. Then, we use the students' responses to an *ad hoc* questionnaire as evidence to analyze the way in which recurrent referents in their answers have correspondences with the proposed erroneous deductions.

Keywords: Primary School, Human Body Systems, School Textbook, Answers from Students.

Introducción

Los textos escolares son el material didáctico más empleado por docentes, tanto de primaria como de secundaria, como guía y apoyo de la enseñanza (Martínez Losada y García Barros, 2003). Es indudable que sus propuestas ejercen una influencia notable en la selección de contenidos, su abordaje y el consecuente aprendizaje del estudiantado. En este sentido, existen numerosas investigaciones, en todos los niveles educativos, en referencia a la importancia que los libros de texto de ciencias naturales adjudican a determinados conceptos y las relaciones que se establecen entre ellos (Martínez Losada y García Barros, 2003; Pérez Ceballos et al., 1999); el tratamiento conceptual que proponen (Barrow, 2000; García Barros y Martínez Losada, 2005); y el papel de las imágenes y las representaciones utilizadas para la modelización de fenómenos y procesos (Carvalho et al., 2011; Jiménez y Perales, 2002; López-Manjón y Postigo, 2009, 2014; Matus et al., 2008; Otero et al., 2002; Perales y Jiménez, 2002; Pérez de Eulate et al., 1999).

Sin embargo, es difícil encontrar investigaciones que evalúen directamente el impacto de los contenidos del libro de texto sobre el aprendizaje del alumnado (Chamorro et al., 2013; Martínez Losada et al., 2009) y prácticamente no se discute en la literatura cómo influye la sobre-simplificación y la fragmentación de los contenidos presentados en las deducciones erróneas que podrían establecer.

En investigaciones previas (Galagovsky y Edelsztejn, 2017) encontramos evidencia acerca de las dificultades para el aprendizaje de *sistema circulatorio humano* en estudiantes de 10-12 años. Detectamos asignaciones sintáctico-semánticas erróneas como, por ejemplo, una fuerte asociación *rojo=arterias*, *azul=venas*. Posiblemente esto provenga del código de color de las representaciones gráficas, con las que se esquematiza al recorrido de los vasos sanguíneos en el cuerpo humano, en el libro de texto escolar.

En la presente investigación proponemos una serie de deducciones erróneas (DE) que podrían establecer estudiantes que se inicia un estudiante novato que intentará comprender las figuras y explicaciones de un libro de texto escolar para 5to grado de escuela primaria, y luego analizamos la correspondencia entre estas DE propuestas y las respuestas del colectivo estudiantil frente a un cuestionario *ad hoc*.

Metodología

La investigación involucró un primer momento de análisis del texto escolar "Los conocedores" (Brunner et al., 2010), un segundo momento de observaciones de clases y un tercer momento de aplicación de un cuestionario construido *ad hoc*.

Las observaciones -no participantes- se realizaron en 5to grado durante la enseñanza del tema *Sistemas del cuerpo humano*, en un grupo mixto con 16 estudiantes (10-11 años), en una escuela primaria de gestión privada de la Ciudad de Buenos Aires con población de sustrato socio-económico medio. Fueron cuatro clases (de 80 minutos), durante cuatro semanas. La docente exploró las ideas previas de sus estudiantes y trabajó sobre la información del libro de texto para explicar los sistemas digestivo (SD), excretor

(SE), respiratorio (SR) y circulatorio (SC). En la tercera semana, dividió a cada miembro de la clase en grupos y, a cada uno de ellos, les asignó uno de los sistemas estudiados para que profundizaran en su funcionamiento y prepararan una exposición. En la cuarta semana, todos los grupos expusieron frente a sus pares. Luego de la última clase, se aplicó individualmente a los 16 estudiantes de 5to grado y a la docente un cuestionario *ad hoc* con tres preguntas sobre las que debían marcar todas las opciones de respuestas que les parecieran correctas (columnas izquierdas, Tablas 1-3). La toma del cuestionario demandó 20 minutos.

Análisis del libro de texto y propuesta de deducciones erróneas (DE)

En las Figuras 1 y 2 se muestran los dibujos que presenta el libro de texto escolar y luego se transcriben sus respectivos párrafos explicativos. Sobre ellos se hará, primeramente, un análisis de la posible relación efectividad/carencia conceptual que expresan, con la enumeración de deducciones erróneas (DE) que podrían efectuar estudiantes que se inician que intentará comprender –es decir, procesar cognitivamente- dichos dibujos y sus textos explicativos. Más adelante, se presentarán las respuestas de los estudiantes frente a un cuestionario *ad hoc* con opciones, y se analizará cómo referentes recurrentes en dichas respuestas (RRR) tienen probable correspondencia con las DE aquí propuestas.

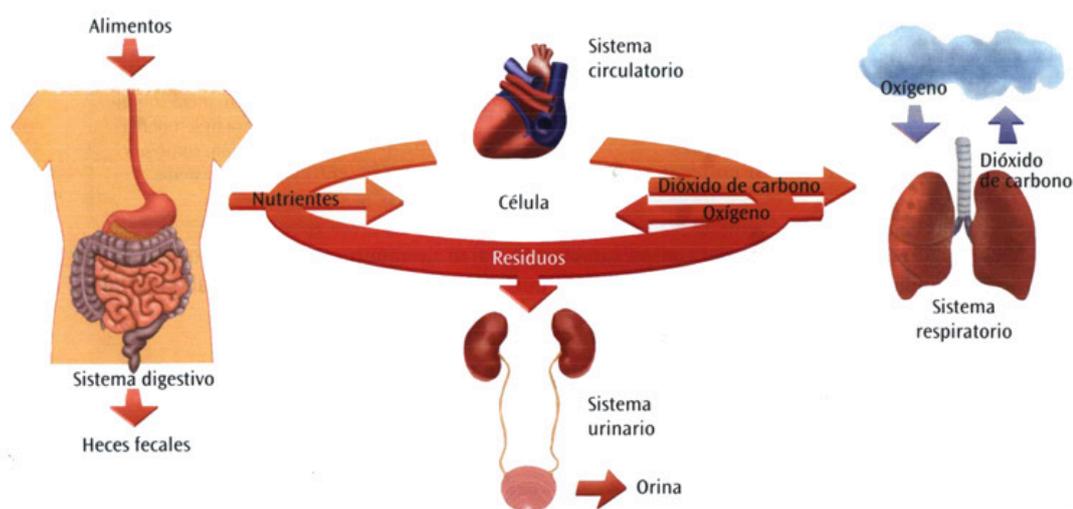


Figura 1. Representación del libro de texto escolar para la integración de los sistemas del cuerpo humano.

La Figura 1, intenta dar una idea integradora de los sistemas del cuerpo humano. Al respecto cabe reflexionar sobre las siguientes DE que podrían hacer los niños lectores destinatarios y que darían cuenta de posibles problemas de comunicación:

- i- Los sistemas están aislados entre sí;

ii- El SC es el corazón:

iii- Hay una célula en el medio del cuerpo, y no se dibuja;

iv- La célula, el corazón y los sistemas están representados de forma equivalente en la misma figura con lo cual los procesos macroscópicos que ocurren a nivel celular, de órganos y sistémico deben ser equivalentes también.

v- Los residuos salen por el sistema urinario y las heces fecales por el sistema digestivo; sin embargo no da significado específico a la palabra residuo.

vi- Las nubes están formadas por oxígeno, y éste entra puro al SR.

vii- Del SR sale dióxido de carbono, exclusivamente.

Luego del esquema integrador de la Figura 1, en el libro se representan los sistemas digestivo, respiratorio y excretor (Figura 2a-c) acompañadas por breves textos.

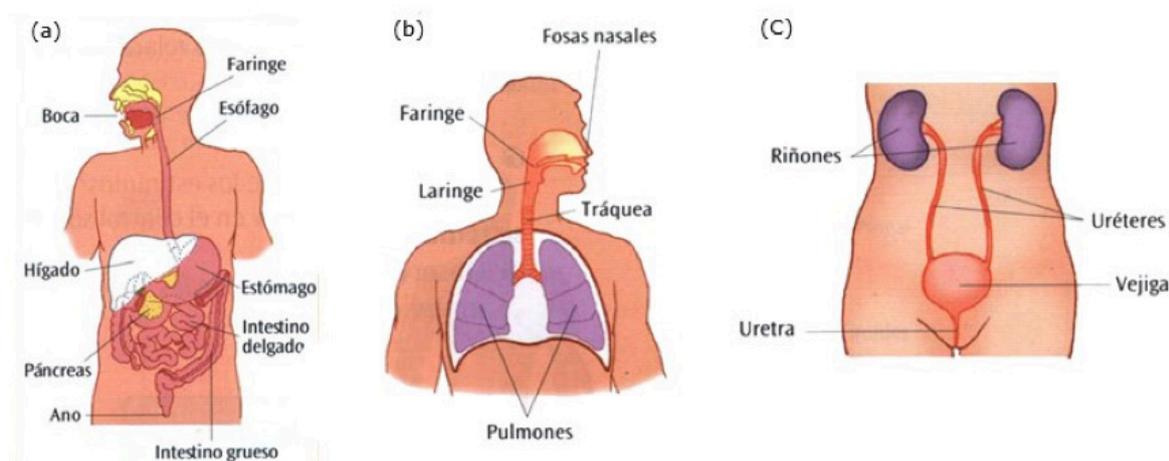


Figura 2. Representación que proporciona el libro de texto escolar para (a) el sistema digestivo (SD), (b) el sistema respiratorio (SR) y (c) el sistema excretor (SE).

El texto que acompaña a la imagen de la Figura 2(a) indica: *"El SD se encarga de incorporar los alimentos y de transformarlos en sustancias más simples, los nutrientes que tienen el tamaño y la estructura adecuados para ingresar en las células. Además, se encarga de eliminar las sustancias que el cuerpo no puede aprovechar. Está formado por un largo tubo que va desde la boca hasta el ano, constituido por la boca, la faringe, el esófago, el estómago, el intestino delgado, el intestino grueso y por glándulas como las glándulas salivales, el hígado y el páncreas"*. A partir de esta información y la Figura 2(a), lectores iniciales en el tema podría hacer las siguientes deducciones erróneas (DE):

viii- El SD y el sistema circulatorio (SC) no están relacionados porque hay una completa ausencia de vasos sanguíneos en la imagen.

ix- Las glándulas forman parte del tubo digestivo.

x- El SD incorpora alimentos, pero no se dice nada específico acerca del agua que, por lo tanto, no estaría relacionada con el SD.

El texto que acompaña a la imagen de la Figura 2(b) indica: *"El SR permite incorporar el oxígeno del aire. El oxígeno es necesario para que las células del cuerpo puedan obtener energía a partir de los alimentos. Además, se encarga de eliminar el dióxido de carbono, una de las sustancias que se origina como desecho en las actividades de las células. Está formado por las fosas nasales, la faringe, la laringe, la tráquea, los bronquios y los pulmones."* Sobre la base de esta información y la Figura 2(b), lectores que se inician en el tema podría hacer DE como las siguientes:

xi- El SR, como un todo, incorpora oxígeno, que es el aire (como indica la Figura 1).

xii- No hay vasos sanguíneos; por lo tanto el oxígeno pasaría directamente a las células del cuerpo.

xiii- El SR, como un todo, se encarga de eliminar dióxido de carbono.

xiv- El dióxido de carbono es un desecho de las células. Esto, por un lado, hace suponer que las células lo descargan directamente en los pulmones y, por otro lado, hay polisemia en el concepto de desecho, referido a su no discriminación con residuos, heces fecales y orina, conceptos que aparecen en la Figura 1.

xv- Los bronquios están mencionados en el texto, pero no en el dibujo; por lo tanto, son partes del SR que podrían tener la misma función que los pulmones.

xvi- Los pulmones tienen una morfología lisa en el dibujo y el texto no hace referencia a los alvéolos pulmonares. La maestra sí los mencionó en las clases como el lugar donde se produce el intercambio gaseoso.

El texto que acompaña a la imagen de la Figura 2(c) indica: *"El SE tiene como función eliminar del cuerpo, mediante la orina, sustancias que las células producen como desecho y que son diferentes del dióxido de carbono. Está formado por los riñones, los uréteres, la vejiga y la uretra"*. A partir de esta información y la Figura 2(c), lectores que se inician en el tema podría hacer DE en base a los siguientes puntos:

xvii- Los riñones presentan un aspecto homogéneo, son como unas bolsitas.

xviii- Al no tener conexiones con el SC y centrarse en la formación de orina y su vía de eliminación, se otorgaría a los riñones una significación de "fábrica que acumula", en vez de apuntar a un proceso de filtración de la sangre.

xix- El dióxido de carbono es un desecho y hay otros; también hay residuos.

xx- El SE es idéntico para hombres y mujeres.

A partir de estas posibles DE y del discurso de la maestra durante las clases es posible preguntarse qué aprendizajes parciales podría construir el alumnado. Para profundizar sobre este interrogante se confeccionó un cuestionario *ad hoc* con opciones que anticipaban posibles errores conceptuales, y cuyas respuestas se analizan a continuación.

Resultados y análisis

El cuestionario consta de tres preguntas y para cada una de ellas se presentará una tabla con sus correspondientes respuestas (Tablas 1 a 3). En las columnas izquierdas de las tablas se muestran las opciones de respuesta. En las últimas columnas se indican los porcentajes de elección del alumnado. Las columnas centrales registran los patrones de respuesta de la totalidad de estudiantes y de la maestra (M) para cada opción. Los números superiores (1-16) identifican a cada infante y fueron asignados aleatoriamente. La suma de porcentajes supera el 100% porque el estudiantado podía seleccionar más de una opción para cada pregunta. Utilizamos porcentajes a fines exclusivamente comparativos ya que los valores no pretenden ser importantes en sí mismos ni generalizables a otras poblaciones, sino que nos permiten utilizarlos como evidencias para identificar los RRR.

En el análisis de los resultados de cada pregunta, se explicarán las opciones correctas y luego se analizarán las opciones incorrectas mostrando correlaciones entre RRR de estudiantes y algunas de las DE propuestas (en números romanos) como posibles derivaciones provenientes del procesamiento de la información proporcionada por el texto escolar y el discurso docente.

Primera pregunta: Los pulmones son parte del sistema respiratorio y...

A continuación se presenta el patrón completo de respuestas para la primera pregunta del cuestionario (Tabla 1) y el análisis de los resultados.

Los pulmones son parte del SR y...	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	M	%
a. Enfrían la sangre cuando uno corre o hace ejercicio físico.																		19
b. Dentro de ellos se puede inhalar y exhalar.																		69
c. Tienen bronquios donde se hace la respiración.																		50
d. Cuando se agrandan se inhala y entra el oxígeno puro.																		56
e. Cuando se achican se exhala y sale aire contaminado.																		44
f. Tienen alvéolos donde se produce intercambio gaseoso.																		13
g. Tienen bronquios que se dilatan cuando se inhala.																		25
h. Tienen alvéolos donde llegan capilares con sangre con oxígeno.																		13
i. Tienen bronquios que fuerzan el intercambio gaseoso.																		6
j. Limpian el aire que entra por la nariz.																		38
k. Limpian la sangre de todos sus desechos.																		13
l. Atraen el oxígeno del aire.																		38
m. Tienen alvéolos donde llegan capilares con sangre con dióxido de carbono.																		13

Tabla 1. Respuestas de alumnos (1-16) y maestra (M) a la pregunta: "Los pulmones son parte del SR y...".

• Explicación de las opciones correctas (*f, h, m*)

Los alvéolos, unidades anatómicas y funcionales del pulmón, son pequeños sacos de paredes muy delgadas rodeados por una gran red capilar. La hemoglobina de los glóbulos rojos -componentes celulares de la sangre- enlaza moléculas de oxígeno o de dióxido de carbono con diferente afinidad –fuerza de unión- y esto permite que, cuando el entorno de la hemoglobina se vuelve más rico o más pobre en alguna de estas moléculas, se realice un intercambio mediante un proceso de difusión simple a través de las membranas de los vasos capilares y de los alvéolos pulmonares. La delgadez de la membrana alveolar, la cercanía a los capilares y su amplia superficie son las características que facilitan el intercambio gaseoso que ocurre entre los alvéolos y la sangre. En el libro de texto no se hace mención en ningún momento a los alvéolos y, aunque la docente sí lo mencionó en clase, lo hizo desde un punto de vista puramente anatómico-descriptivo sin mencionar en detalle su función fisiológica. Solamente el 13% de los alumnos señalaron que la opción *f* es correcta.

La opción *m* puede considerarse correcta pues los capilares que llegan a los alvéolos desde la vena pulmonar llevan sangre con un porcentaje relativamente elevado de dióxido de carbono. La opción *h* puede considerarse correcta si se tiene en cuenta que la hemoglobina de la sangre, que llega a los alvéolos y que sale de los mismos, contiene un porcentaje de oxígeno inicialmente menor y luego mayor, respectivamente, pero que nunca adopta los valores extremos de 0% a 100%. Los resultados muestran que sólo el 13% del alumnado señaló esas opciones.

Ni el colectivo estudiantil ni la docente marcaron las tres respuestas correctas.

• Análisis de las opciones incorrectas según RRR y su relación con las DE

* *Regulación de la temperatura corporal (Opción a)*. El 19% del alumnado consideró que los pulmones enfrían la sangre al realizar ejercicio físico, atribuyéndole al aire un rol de regulador de la temperatura corporal que, en nuestro organismo, cumple el agua. Esta RRR estaría relacionada con la imposibilidad de articular el sistema circulatorio con otros sistemas; es decir, la DE *i* y la evidencia perceptiva de la aceleración de la respiración durante el ejercicio físico, como fuente de ideas previas (Osborne y Freyberns, 1990).

* *Localización y procesos en el SR (opciones b, c, g, i, j, k)*. El 69% (opción *b*) del colectivo estudiantil evidencia la asociación errónea de verbos que hacen referencia a procesos (inhalar y exhalar) con sustantivos que indican una ubicación particular (pulmones). El 56% de los alumnos (opciones *c, g, i*) muestra, además, inconsistencias en localizar el proceso de intercambio gaseoso. Estas RRR estarían relacionadas con las DE *xv* y *xvi*. La falta de presentación en la Figura 2(b) de bronquios y bronquiolos como conductos tubulares para el acceso de aire hacia y desde los alvéolos pulmonares, y sumado a esto las referencias cotidianas acerca de medicación necesaria para dilatar o “despejar” los bronquios y facilitar la respiración, contribuirían a estos RRR.

Por otra parte, el 38% del estudiantado planteó que una función de los pulmones es limpiar el aire que entra por la nariz (opción *j*). Dentro de los seis alumnos y alumnas que eligieron esta opción *j*, hay dos que eligieron también la opción *k* (13%) confundiendo el rol de los pulmones y de los riñones en el organismo. Estas RRR estarían relacionadas con una función purificadora de los pulmones que no ha logrado discriminar la polisemia de los conceptos “desecho”, “residuo”, “contaminación” “dióxido de carbono”, etc., correspondientes a las DE *vi, xi, xii, xiii y xiv*.

* *Composición del aire inhalado y exhalado (opciones d, e, j, k, l)*. El 56% del alumnado sostuvo erróneamente que al inhalar, en los pulmones entra oxígeno puro (opción *d*) y el 44% señala que se exhala aire contaminado (opción *e*). Finalmente, el 38% de los estudiantes consideró que los pulmones “atraen” el oxígeno del aire (opción *l*). Cuatro de los seis que eligieron esta opción, también habían marcado como correcta la opción *d* (ingreso de oxígeno puro). Estas respuestas dejan en evidencia que no reconocen que el aire es una mezcla de diferentes gases y que, si bien los porcentajes se modifican apreciablemente, el oxígeno siempre mantiene una proporción significativamente mayor, tanto en el aire inhalado como en el aire exhalado (21% y 16%, respectivamente), que el dióxido de carbono (0,04% y 4%, respectivamente). Estas RRR estarían relacionadas con las DE *vi, vii, xi, xiii y xiv*.

Segunda pregunta: Los riñones son parte del sistema excretor y...

A continuación se presenta el patrón completo de respuestas para la segunda pregunta del cuestionario (Tabla 2) y el análisis de los resultados.

Los riñones son parte del SE y...	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	M	%
a. Fabrican y excretan orina.																		63
b. Separan todos los desechos del cuerpo.																		25
c. Absorben nutrientes de la sangre.																		19
d. Regulan la cantidad de agua en el cuerpo.																		50
e. Filtran la sangre del sistema circulatorio.																		19
f. Regulan la sangre y la impulsan de nuevo al resto del cuerpo.																		19
g. Junto con el intestino grueso forman las heces.																		38
h. Reciben sangre que contiene desechos y expulsan sangre limpia todo el tiempo.																		19
i. La sangre que sale del riñón luego regresa al corazón.																		19
j. Si funcionan mal se acumulan sustancias tóxicas en la sangre.																		38

Tabla 2. Respuestas de alumnos (1-16) y maestra (M) a la pregunta: “Los riñones son parte del SE y...”.

• Explicación de las opciones correctas (*a, d, e, h, i, j*)

Si bien el 63% del alumnado pudo reconocer la función importante de los riñones -la producción de orina (opción *a*)- solamente tres de ellos (19%) marcaron que los riñones filtran la sangre del sistema circulatorio (opción *e*). Es decir, repiten la afirmación a posiblemente desde un aprendizaje memorístico, sin comprender el fundamento fisiológico de la función renal.

Otra de las funciones importantes de los riñones es regular la homeostasis del cuerpo y conservar una condición interna estable compensando los cambios en el entorno mediante el intercambio de agua regulado con el exterior. Así, por ejemplo, mantienen el volumen plasmático dentro de los límites deseables, controlando la concentración de la orina, reteniendo agua cuando es necesario y evitando la deshidratación. El 50% eligió correctamente la opción *d*. Sin embargo, la docente no la señaló.

Por otra parte, durante el proceso de nutrición, las células producen sustancias de desecho, como creatinina, urea y ácido úrico, que pasan a la sangre. Si estas sustancias tóxicas para las células se acumulan en el organismo, pueden causar daños severos hasta la muerte. Si bien un 38% de los estudiantes reconoce esta circunstancia (opción *j*), únicamente el 19% de señaló que los riñones reciben sangre que contiene desechos y expulsan sangre limpia todo el tiempo (opción *h*).

La sangre que sale del riñón mediante la vena renal hacia la vena cava ya no contiene urea ni ácido úrico pero sí contiene todavía una alta proporción de dióxido de carbono. La vena cava desemboca en el corazón y la sangre pasa a la circulación pulmonar donde ocurre el intercambio gaseoso en los alvéolos, regresando oxigenada al corazón para continuar el ciclo. Solamente un 19% consideró que la sangre que sale del riñón luego regresa al corazón (opción *i*). Aquí se evidencia la ausencia de un modelo en el cual la sangre circula siempre por dos circuitos: uno menor (o pulmonar) que va desde el corazón a los pulmones y de vuelta al corazón y uno mayor (o sistémico) que va del corazón al cuerpo y luego al corazón, en los que la sangre oxigenada no se mezcla con la carboxigenada.

• Análisis de las opciones incorrectas según RRR y su relación con las DE

* *Funciones de los riñones en el SE (opciones *c, f*).* El 19% del alumnado señaló que el riñón absorbe nutrientes (opción *c*). Por otra parte, el 19% confundió el rol del riñón y le asigna la capacidad de impulsar la sangre (opción *f*). Estas RRR pueden derivarse de la DE *iv* y de una asignación semántica no precisa para los verbos *absorber* o *impulsar*.

* *Excreción, egestión y desechos metabólicos (opciones *b, g*).* El 25% del estudiantado indicó que los riñones separan todos los desechos del cuerpo (opción *b*) y el 38% que junto con el intestino grueso forman las heces (opción *g*). Estas RRR estarían relacionadas con las DE *v* y *xix*, que conducen a una confusión muy habitual entre el proceso de egestión y el de excreción. La excreción es la eliminación de los desechos provenientes del metabolismo celular; estos desechos solubles en el medio acuoso del sistema circulatorio son filtrados en los riñones para formar la orina, o son eliminados

a través de la transpiración. La egestión, por otra parte, es la salida del tubo digestivo de residuos (materia fecal), es decir sustancias que, por su tamaño o sus características químicas, no pudieron ser absorbidas por las células intestinales y, por lo tanto, no han participado en las funciones celulares del cuerpo.

Tercera pregunta: El agua que incorporamos...

A continuación se presenta el patrón completo de respuestas para la tercera pregunta del cuestionario (Tabla 3) y el análisis de los resultados.

El agua que incorporamos...	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	M	%
a. Pasa por el esófago, va al estómago y luego llega al recto para su expulsión.	■		■	■	■	■	■					■	■	■		■		63
b. Se filtra por los órganos y llegan hasta la piel donde se expulsa como sudor.		■	■		■			■		■		■	■	■		■	■	56
c. Viaja por la sangre para llegar a todas las células del cuerpo.			■					■			■			■		■	■	31
d. Sale fría del cuerpo en verano y caliente en invierno.										■	■	■		■	■	■		38
e. Se acumula en los riñones y se transforma en pis.		■			■		■	■		■	■	■		■	■	■	■	63
f. Es el componente principal de la sangre.							■	■		■	■	■			■	■		44
g. Es el componente principal de la orina.		■			■			■		■	■	■			■	■		50
h. Puede provenir de alimentos como la lechuga y el tomate.					■			■			■	■			■	■	■	38
i. Es necesaria para el proceso de digestión.							■	■		■	■	■		■		■		38
j. No se mezcla con la sangre en el cuerpo; siguen caminos diferentes.							■	■		■								19

Tabla 3. Respuestas de alumnos (1-16) y maestra (M) a la pregunta: "El agua que incorporamos...".

● **Explicación de las opciones correctas (c, f, g, h, i).**

La mayoría de los nutrientes y el agua se absorben en el intestino delgado a través de las microvellosidades de las células intestinales y de allí pasan a los capilares sanguíneos, o a los vasos linfáticos, para entrar a la sangre circulante por el sistema venoso hacia el hígado o a la linfa y, así, distribuirse por todo el cuerpo. Solamente el 31% del estudiantado señaló la opción c como correcta.

En cuanto al proceso de excreción, la sangre cargada de desechos celulares solubles en el sistema acuoso circulatorio (como urea, ácido úrico, dióxido de carbono solubilizado como bicarbonato, etc), llega a los riñones a través de la arteria renal. Dentro de los riñones, recorre una extensa red de pequeños capilares y a través de un complejo sistema que incluye mecanismos de filtración, reabsorción y secreción, se produce la orina que habitualmente contiene un 95% de agua, 2% de sales minerales y 3% de urea y ácido úrico. Lo interesante es que mientras que el 50% señaló la opción correcta g como correcta, la docente no la eligió. Algo similar ocurrió en el caso de la composición de la sangre (opción correcta f) elegida por el 44% pero no por la docente.

• Análisis de las opciones incorrectas según RRR y su relación con las DE

* *Recorrido y absorción del agua (opciones a, j)*. Una vez absorbidos los nutrientes en el intestino delgado, la mezcla resultante contiene principalmente material de origen vegetal no digerido y un poco de agua que aún no ha sido absorbida. Así ingresa al intestino grueso donde, en esta última etapa de la digestión, se absorben minerales, las vitaminas K y B12 (liberadas por las bacterias del colon) y aproximadamente el 99% del agua restante (que pasa a la circulación sanguínea), quedando una masa semisólida que da lugar a la formación del bolo fecal. Sin embargo, el 63% del estudiantado señaló que el agua atraviesa el tubo digestivo y se expulsa con las heces (opción a). Asimismo, el 19% indicó que el agua y la sangre en el cuerpo siguen caminos diferentes (opción j), evidenciando un modelo fisiológico inconsistente. Estas RRR posiblemente se deriven de la DE x; porque tanto el texto escolar como el discurso docente hacen hincapié en que la digestión implica la incorporación de alimentos y su transformación en sustancias más simples. Dado que el agua no suele considerarse como alimento, se reforzaría la idea de que ésta no se absorbe en el tracto digestivo.

* *Excreción del agua (opciones b, d, e)*. El 63% del estudiantado y la docente indicaron que el agua se acumula en los riñones y se transforma en pis (opción e). Por otra parte, las glándulas sudoríparas -aunque su principal función es la de participar en el proceso de regulación de la temperatura corporal- también están involucradas en la excreción de 5-10% de los desechos celulares solubles. Pese a que el 56% reconoció al sudor como otra vía de excreción de agua, ellos y la docente creen que el líquido se filtra por los órganos del cuerpo hasta llegar a la piel (opción b). Finalmente, el 38% sostiene que la temperatura a la que la orina se excreta del cuerpo depende de la temperatura exterior (opción d).

Estas RRR se derivarían de las DE *i, xviii, xix*: Es posible que la ausencia de conexiones explícitas entre los sistemas del cuerpo humano en el libro de texto y en el discurso de la maestra lleve al estudiantado a pensar en los riñones como una fábrica y almacén de orina, sin reparar en los procesos de filtración y reabsorción. Algo similar ocurre en el caso de la producción de sudor, donde la idea de "filtración por los órganos" evidencia la falta de una visión de la función vinculante y transportadora de sustancias del sistema circulatorio acuoso hacia a sus destinos específicos.

Problemas en la comunicación docente-alumnos

Durante el análisis de las respuestas a las tres preguntas del instrumento de indagación, una situación nos resultó poderosamente llamativa: las opciones que señala la docente no coinciden con las que mayoritariamente marcan sus alumnos y alumnas. Los ejemplos más relevantes se destacan en la Tabla 4.

Si bien el aprendizaje contempla muchos y diversos factores que van más allá del procesamiento de la información presentada por la maestra y el libro de texto, en este caso particular esta inconsistencia podría estar indicando, además, una falla en la comunicación docente-alumnos; especialmente para los conceptos relacionados con alvéolos pulmonares

y función renal de filtrado de la sangre, ambos únicamente presentes en el discurso docente en el aula, ya que no figuran en el libro de texto.

Los pulmones son parte del SR y...	M	%
a. Dentro de ellos se puede inhalar y exhalar.		69
b. Tienen bronquios donde se hace la respiración.		50
c. Cuando se agrandan se inhala y entra el oxígeno puro.		56
d. Tienen alvéolos donde se produce intercambio gaseoso.		13
e. Tienen alvéolos donde llegan capilares con sangre con oxígeno.		13
Los riñones son parte del SE y...		
d. Controlan y regulan la cantidad de agua en el cuerpo.		50
e. Filtran la sangre del sistema circulatorio.		19
El agua que incorporamos...		
a. Pasa por el esófago, va al estómago y luego llega al recto para su expulsión.		63
f. Es el componente principal de la sangre.		44
g. Es el componente principal de la orina.		50

Tabla 4. Respuesta de la maestra (M) frente a ciertas opciones y porcentaje de alumnos que las eligieron.

Conclusiones y reflexiones finales

En la presente investigación reflexionamos sobre la manera en que, desde las primeras acciones de enseñanza sobre el cuerpo humano, la información excesivamente fragmentada y sobre-simplificada presentada en los libros de texto y reforzada por el discurso docente puede conducir a la construcción de ideas erróneas desde la ciencia.

Al agrupar las respuestas del colectivo estudiantil frente a un cuestionario *ad hoc* en términos de RRR y analizarlas a la luz de su correspondencia con DE anticipadas durante el análisis del libro de texto escolar y del discurso docente, observamos evidencia de repeticiones memorísticas o de agrupaciones de ideas fragmentadas, no conducentes a preguntas ni a legítimas dudas. Las confusiones conceptuales que se observan en dichas respuestas pueden provenir de las imágenes y textos ambiguos que refuerzan la memorización descontextualizada aprendida en las experiencias escolares.

Coincidimos con Clément (1991), por ejemplo, en que la concepción del alumnado sobre el proceso de digestión como un tubo continuo proviene de un aprendizaje por transferencia analógica, que no es cuestionado por las imágenes anatómicas de los libros de texto. Esta idea también se puede detectar en la concepción del sistema circulatorio escolar "cerrado" en el que poco se discute la permeabilidad selectiva de los capilares frente a los gases y a los gradientes de sustancias solubles en el sistema acuoso de la sangre. La afirmación de que hay desechos, residuos, heces, además del dióxido de carbono, que deben eliminarse de las células, posiblemente no permite discriminar conceptualmente sus diferencias en el contexto del cuerpo humano. Una enseñanza no ambigua debería considerar su discriminación en términos del carácter de sólidos, solubles o insolubles en

medio acuoso, o de naturaleza gaseosa -poco soluble en medio acuoso- que los caracteriza, ofreciendo información sobre cómo la naturaleza de cada sistema permite su recepción, traslado, transformación y eliminación. Estos conceptos no son tratados en los libros de texto de primaria o secundaria.

Si bien es evidente que resulta más "fácil" la descripción de sistemas y órganos por separado, con gráficos generalmente descriptivos de las partes componentes anatómicas, recortadas y con énfasis en la secuencia de órganos, proponemos en este trabajo que para la enseñanza del funcionamiento del cuerpo humano es fundamental:

a. Reconocer la particular relevancia del sistema circulatorio y la sangre como fluido de base acuosa que relaciona e integra los distintos procesos que intervienen en los diversos sistemas del cuerpo humano.

b. Diferenciar la ventilación pulmonar (o simplemente *respiración*) de la respiración celular, que se lleva a cabo en cada una de las células.

c. Reconocer la naturaleza acuosa del tejido sanguíneo y el carácter sólido, líquido o gaseoso de los alimentos y nutrientes, y cómo se articulan estas diferencias mediante procesos específicos, que tienen lugar en diferentes órganos del cuerpo humano.

Pese a que una justificación posible para la reducción y fragmentación de contenidos sería que la enseñanza en profundidad y de manera integrada de los sistemas requeriría involucrar conceptos de química, biología, anatomía y fisiología, creemos que diferenciar la naturaleza de procesos macroscópicos, de nivel tisular, celular y fisicoquímico no implica abordar explicaciones complejas sino un respeto adecuado en el recorte y el tratamiento discursivo para la confección de libros de texto.

Si bien entendemos que el libro de texto es sólo una más de entre otras tantas variables con influencia en la formación de conceptos en el alumnado, no puede minimizarse su importancia ya que son el material didáctico más empleado como guía y apoyo de la enseñanza. Dado que sus propuestas ejercen una influencia notable en docentes de nivel primario y, más allá del importante rol como mediador o mediadora entre el libro de texto y sus estudiantes, las investigaciones sobre análisis de textos escolares son necesarias como un aporte para la reflexión de los expertos que escriben materiales educativos. Verdades a medias, solapamiento de explicaciones en diferentes niveles y fragmentos aislados de información con recortes subjetivos e idiosincrásicos por parte de autores, parecerían ser criterios editoriales que deberían ser, al menos, revisados desde la concepción epistemológica y didáctica de los contenidos tratados.

La historia de los últimos 400 años sobre el conocimiento de la fisiología de los procesos del cuerpo humano da cuenta de su complejidad; sin embargo, el discurso escolar vuelve "simple" el relato, sin una revisión crítica de sus impactos en el estudiantado y en su "oficio de alumno", las niñas y los niños aceptan y reproducen memorísticamente aspectos sintácticos del discurso de ciencia escolar sin cuestionarse. Por otro lado, la revelación que surge acerca de que la maestra ha señalado respuestas que el estudiantado no ha elegido y viceversa (Tabla 4) puede ser un indicador de una posible brecha en la comunicación

efectiva entre ella y el grupo. La pregunta que cabe, entonces es: ¿No deberíamos como docentes cuestionarnos sobre la eficiencia en construcción de significaciones conceptuales de las niñas y los niños?

En esta instancia de reflexión es válido preguntarnos también si esta compartimentación, reducción y sesgo a la hora de escribir textos escolares sobre los sistemas del cuerpo humano es válido como recurso para –supuestamente- hacer más asequibles los contenidos a estudiantes; o si tiene orígenes más profundos y es una consecuencia de la propia formación de docentes que también aprendemos de forma sesgada y simplificada, construimos modelos conceptuales incompletos, pero por tradición reiterada estamos convencidos de que ésta es la forma de “enseñar mejor”.

Si como docentes pretendemos que alumnos se hagan preguntas de ciencia en contexto es fundamental que nosotros mismos produzcamos y reconozcamos nuestros propios interrogantes y reflexionemos acerca de ellos.

Referencias bibliográficas

- Barrow, L.H. (2000). Do Elementary Science Methods Textbooks Facilitate the Understanding of Magnet Concepts? *Journal of Science Education and Technology*, 9(3):199-205.
- Brunner, A.; Da Cunha, M.I.; Donelli, R.; Furci, V.; Miller, I. y Seferian, A. (2010). *Ciencias Naturales 5. Los conocedores*. Ciudad de Buenos Aires: Eldevives.
- Carvalho, G.S.; Tracana, R.B.; Skujiene, G. y Turcinaviciene, J. (2011). Trends in Environmental Education Images of Textbooks from Western and Eastern European Countries and Non-European Countries. *International Journal of Science Education*, 33(18): 2587-2610.
- Chamorro, D.; Barletta, N. y Mizuno, J. (2013). El lenguaje para enseñar y aprender las Ciencias Naturales: Un caso de oportunidades perdidas para la formación ciudadana. *Revista Signos*, 46 (81): 3-28.
- Clément, P. (1991). Sur la persistance d'une conception: la tuyauterie continue digestion-excrétion. *Aster*, 13: 133-157.
- Galagovsky, L. y Edelsztejn, V. (2017). Obstáculos de aprendizaje en niños de 10-12 años sobre el tema sistema circulatorio humano. *Ciência & Educação (Bauru)*. En prensa.
- García Barros, S. y Martínez Losada, C. (2005). La nutrición en textos escolares del último ciclo de Primaria y primero de Secundaria. *Enseñanza de las Ciencias*. Número extra VII Congreso: 1-6.
- Jiménez, J.D. y Perales, J. (2002). La evidencia experimental a través de la imagen de los libros de texto de Física y Química. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 1(2): 114-129.
- López-Manjón, A. y Postigo, Y. (2009). Representations of the Human Circulatory System. *Journal of Biological Education*, 43(4): 159-163.
- López-Manjón, A. y Postigo, Y. (2014). Análisis de las imágenes del cuerpo humano en libros de texto españoles de primaria. *Enseñanza de las Ciencias*, 32(3): 551-570
- Martínez Losada, C. y García Barros, S. (2003). Las actividades de Primaria y ESO incluidas

- en libros escolares. ¿Qué objetivos persiguen? ¿Qué procedimientos enseñan? *Enseñanza de las Ciencias*, 21(2): 243-264.
- Martínez Losada, C.; García Barros, S. y Rivadulla López, J.C. (2009). Qué saben los/as alumnos/as de Primaria y Secundaria sobre los sistemas materiales. Cómo lo tratan los textos escolares. *Revista electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 8(1): 137-155.
- Matus, L.; Benarroch, A. y Perales, F.J. (2008). Las imágenes sobre enlace químico usadas en los libros de texto de educación secundaria. Análisis desde los resultados de la investigación educativa. *Enseñanza de las Ciencias*, 26(2): 153-176.
- Osborne, R. y Freyberns, P. (1990). *El aprendizaje de las ciencias: las implicaciones de la ciencia infantil*. Madrid: Nacea.
- Otero, M.R., Moreira, M.A. y Greca, I.M. (2002). El uso de imágenes de textos de Física para la enseñanza secundaria y universitaria. *Investigações em Ensino de Ciências*, 7(2): 127-154.
- Perales, F.J. y Jiménez, J. (2002). Las ilustraciones en la enseñanza-aprendizaje de las ciencias. Análisis de libros de texto. *Enseñanza de las Ciencias*, 20(3): 369-386.
- Pérez Ceballos, J.P.; Galotti, A.; Varela, C. y Talavera, J.A. (1999). El sonido en textos de la educación secundaria obligatoria. En Martínez Losada, C. y García Barros, S. (eds.). *La Didáctica de las ciencias. Tendencias actuales*. La Coruña: Universidade da Coruña.
- Pérez de Eulate, L.; Llorente, E. y Andrieu, A. (1999). Las imágenes de digestión y excreción en los textos de primaria. *Enseñanza de las Ciencias*, 17(2): 165-178.