

OBSTÁCULOS DE APRENDIZAJE EN NIÑOS DE 10-11 AÑOS SOBRE EL TEMA SISTEMA CIRCULATORIO: UNA PROPUESTA TEÓRICA EN BASE A EVIDENCIAS

Lydia Galagovsky¹, Valeria Edelsztein^{1,2}

RESUMEN: Este trabajo se centra en la investigación de los errores de aprendizaje del tema *sistema circulatorio humano* en estudiantes de quinto grado de escuela primaria a la luz de distintos obstáculos epistemológicos subyacentes.

A partir de las evidencias que provienen del análisis de las respuestas de los niños frente al aprendizaje del tema en el contexto escolar, se presenta una propuesta teórica de cuatro Procesos Cognitivos requeridos para la adquisición de nuevos aprendizajes, basados en el marco del Sistema de Procesamiento de la Información. Se propone también una categorización de nuevos Obstáculos Epistemológicos de Aprendizaje (OEA) que se suman a otros ya publicados para aprendizaje en contextos universitarios.

PALABRAS CLAVE: Enseñanza de la ciencia. Sistema circulatorio humano. Obstáculos epistemológicos de aprendizaje. Sistema de procesamiento de la información.

OBJETIVOS: Investigar posibles errores de aprendizaje sobre el tema *sistema circulatorio humano* en estudiantes de quinto grado de una escuela primaria. Analizar dichos errores en términos del Sistema de Procesamiento de la Información y realizar una propuesta sobre Obstáculos Epistemológicos de Aprendizaje subyacentes.

MARCO TEÓRICO

Los alumnos de escuela primaria tienen ideas intuitivas acerca de cómo es su cuerpo por dentro pero distintas investigaciones muestran que presentan dificultades frente al aprendizaje escolar sobre su funcionamiento (Carvalho, 2004, 2007; Clément, 2003).

En el presente trabajo se utiliza la perspectiva del Sistema de Procesamiento de la Información (Ericsson; Simon, 1999; Garófalo, 2010, 2014) y la concepción de que cada ciencia está formada por

1. Centro de Formación e Investigación en Enseñanza de las Ciencias (CEFIEC), Grupo de Investigación en Aprendizaje y Didáctica de las Ciencias Naturales y Química (GIADiCiENQ), Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. Universidad de Buenos Aires (UBA), Ciudad Universitaria, Pabellón II, 1428, Buenos Aires, Argentina. E-mail: lyrgala@qo.fcen.uba.ar
2. Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET), Argentina.

un conjunto de lenguajes expertos (Bekerman, 2007; Galagovsky, 2015) para realizar una propuesta teórica sobre posibles Obstáculos Epistemológicos de Aprendizaje, desde el punto de vista de los problemas de comunicación en el aula de ciencias naturales.

METODOLOGÍA

La investigación involucró un grupo mixto de 16 estudiantes de 10-11 años de la misma escuela primaria (gestión privada, sustrato socio-económico medio) en el último mes del ciclo lectivo de quinto grado, luego de haber sido enseñados sobre el tema *sistema circulatorio humano*. Se realizaron observaciones durante 4 semanas (120 minutos/semana). En este período la docente trabajó sobre la información del libro de texto (Fig.1). Luego de la última clase se aplicó a los estudiantes un instrumento de indagación (columna izquierda, Tabla 1) con un enunciado simple y numerosas opciones para que señalaran todas las que les parecieran correctas.

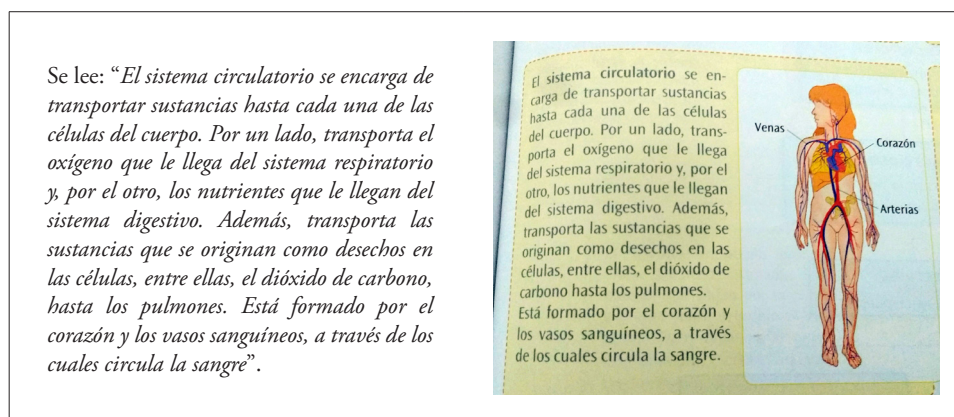


Fig. 1. Imagen y texto explicativo del libro escolar sobre el tema Sistema Circulatorio

RESULTADOS

En la Tabla 1 se muestran las opciones que se dieron a los 16 niños (columna izquierda, a-p), el número de estudiantes y el porcentaje que contestó cada opción (columnas central y derecha, respectivamente). La suma de los porcentajes supera el 100% porque los niños podían seleccionar más de una opción para cada pregunta.

Tabla 1.
Instrumento de indagación aplicado sobre los estudiantes

<i>La sangre se representa mediante dos colores (rojo y azul) porque...</i>	<i>N°/16</i>	<i>%</i>
a) En algún momento dentro del cuerpo se tiñe.	3	19
b) Cuando la sangre no tiene azúcar es azul.	1	6
c) Es roja porque comemos cosas rojas.	0	0
d. Lleva oxígeno, que es una sustancia azul.	3	19
e) Lleva dióxido de carbono, que es una sustancia azul.	4	25
f) Cuando selecciona los nutrientes es roja.	2	12
g) Cuando lleva oxígeno es de color rojo.	6	38

<i>La sangre se representa mediante dos colores (rojo y azul) porque...</i>	<i>Nº/16</i>	<i>%</i>
h) Cuando lleva oxígeno se la representa con un color rojo.	5	31
i) Cuando va por las venas es azul.	2	12
j) Es siempre roja pero se indica con azul la que va por las venas.	5	31
k) La que circula por abajo y por la derecha del cuerpo es azul.	3	19
l) La que circula por arriba y por la derecha del cuerpo es roja.	3	19
m) Los antiguos nobles tenían sangre azul y nos llegó una parte.	0	0
n) Cuando transporta nutrientes es azul.	2	12
o) Cuando pasa por capilares grandes es roja y por capilares finitos es azul.	3	19
p) La que circula por el interior del cuerpo es azul, la que circula por la parte más cercana a la piel es roja.	4	25

Discusión de los resultados

El Sistema de Procesamiento de la Información (SPI) involucra la acción conjunta de la Memoria de Corto Plazo (MCP), Memoria de Trabajo (MT) y Memoria de Largo Plazo (MLP) (Johnstone, 1997). La información, captada por los sentidos y filtrada por un almacén sensorial, es sostenida en la MCP mientras la MT la analiza y relaciona con los contenidos almacenados en la MLP. Según la propuesta de Ericsson y Simon (1999) la MT selecciona aspectos relevantes de la información que posteriormente se guardaría en la MLP no de forma arbitraria, sino indizada mediante “señaladores” idiosincrásicos. Frente a una pregunta, la MT detecta en ella un “anzuelo” con el que buscaría y recuperaría información guardada en la MLP, a partir de asociaciones “anzuelo-señalador”.

Sobre la base de este modelo y en función de los resultados obtenidos (Tabla 1), se proponen las siguientes categorías de procesos cognitivos que atravesaría el niño novato para aprender –o no- el concepto de vasos sanguíneos. Estas categorías se presentan en el Cuadro 1 y servirán como base teórica para interpretar errores de aprendizaje.

Cuadro 1.
Propuesta de categorización de los procesos cognitivos (PC)
que atravesaría un niño novato para aprender el tema de vasos sanguíneos

1. PC de selección perceptiva idiosincrásica de códigos de lenguajes, que serían inmediatamente guardados en la MLP. Este paso no es consciente.
2. PC de guardado de dichos códigos sintácticos seleccionados, como señaladores en la MLP. Este paso no es consciente.
3. PC de asignación de correlaciones entre códigos sintácticos y sus significaciones. Cada asignación semántica pudo ser correcta o incorrecta desde el punto de vista experto. Pueden generarse errores, incluso, cuando una correlación se generaliza o se aplica a otros lenguajes. Este paso no es consciente.
4. PC de construcción de aprendizajes que pueden -o no- ser auto-consistentes, funcionales, correctos. Este paso no es consciente.

En base a las categorías de PC presentados en el Cuadro 1 y al análisis de los datos de la Tabla 1, se formula un análisis de casos de respuestas (Casos 1 a 5).

Caso 1: asociación de aspectos sintácticos aislados de lenguajes visual y verbal

Los PC 1 y 2 podrían surgir cuando el estudiante novato lee el texto de apoyo escolar y percibe que en la ilustración (Fig.1) se señala a las *venas* con el color *azul* y con la palabra *arterias* a un vaso sanguíneo pintado de *color rojo*. El niño haría una selección del código en lenguaje visual y lo guardaría como señalador; e, independientemente, haría una selección de códigos en lenguaje verbal. Durante la evocación establecería asociaciones entre esos señaladores generando una respuesta como “*rojo es arteria, azul es vena*”.

Dado que en el texto no se discuten aspectos fisiológicos relacionados a los códigos de colores azul/rojo de los vasos sanguíneos que pusieran a los estudiantes frente a un conflicto cognitivo (Galagovsky, 2004), éstos pueden haber generalizado la idea de que el color está directamente relacionado con el nombre del vaso sanguíneo y no con el contenido de oxígeno en la sangre que transporta.

Evidencia de estos procesos cognitivos es que 7 de los 16 alumnos (44%) asociaron el color azul a las venas (Tabla 1. i, j). Es decir, percibieron códigos del lenguaje visual y verbal (aspectos sintácticos aislados) y los guardaron como señaladores.

Caso 2: asociación de aspectos sintácticos aislados del lenguaje visual

8 de 16 estudiantes (50%) relacionaron partes o espacios del cuerpo con el código de color rojo o azul de la sangre (Tabla 1. k, l, o, p). Aquí también PC 1 y 2 corresponderían a la percepción visual de color rojo o azul y su guardado en la MLP como señalador. De igual manera ocurriría con los señaladores del código visual asociados idiosincrásicamente a la distribución espacial de los colores (aunque no se encuentre así expresado en el texto escolar).

Durante la evocación idiosincrásica, los alumnos establecerían la asociación de ambos señaladores generando respuestas como las opciones k, l, o, p de la Tabla 1. A su vez, 5 de esos 8 estudiantes eligieron más de una de las mencionadas opciones (datos no mostrados). Esto podría deberse a que para un mismo señalador del código visual (color) se corresponden posibles asociaciones anuelo-señalador con otros códigos visuales espaciales, idiosincrásicamente guardados como señaladores.

Caso 3: asociación de aspectos sintácticos del lenguaje visual con significaciones del lenguaje verbal

5 de 16 estudiantes (31%) relacionaron el código de color rojo o azul de la sangre con el transporte o no de nutrientes (Tabla 1. b, f, n). A diferencia de los casos anteriores aquí ya no ocurre simplemente una asociación de aspectos sintácticos sino que se agrega una asignación de significado al código visual y verbal. A los señaladores ya incorporados (PC 1 y PC 2) a partir de la selección del código en lenguaje visual (rojo o azul), se sumarían señaladores del lenguaje verbal que asignan un cambio de color en función de ciertos contenidos de la sangre (PC 1 y PC 2). La articulación entre ambos daría lugar a un PC 3 en el que el estudiante establecería la significación (incorrecta) de que el color está directamente relacionado con los nutrientes que transporta –o no– la sangre.

Esta asociación errónea se reforzaría desde lo expresado en el texto escolar (Fig.1): “*Por un lado, transporta el oxígeno (...) y, por el otro, los nutrientes (...)*”. Esta explicación verbal podría haber sido interpretada por los niños como dos lugares físicos diferentes, en lugar de entenderse como una enumeración.

Caso 4: asociación de aspectos sintácticos del lenguaje visual con significaciones del lenguaje verbal

9 de 16 estudiantes (56%) relacionaron el código visual rojo/azul con la presencia de oxígeno o dióxido de carbono en la sangre, asignándole a dichas sustancias las capacidad de dar color (Tabla 1. d, e, g). Aquí también PC 1 y 2 corresponderían a señaladores del lenguaje visual (rojo, azul) y del verbal

(oxígeno, dióxido de carbono) y darían lugar a un PC 3 en el que ocurriría la asignación de significados (erróneos) desde el lenguaje verbal: *transporte de oxígeno/dióxido de carbono es rojo/azul*. Esta asignación anzuelo-señalador sería idiosincrásica pues no se encuentra en el texto escolar.

Caso 5: Falta de consistencia en la construcción de respuestas

Hay sujetos que han elegido cada opción de respuesta independientemente de las otras, sin reflexionar sobre la auto-exclusión lógica de las afirmaciones elegidas. Así, aunque 10 de los 16 estudiantes (63%) eligieron las opciones h, j de la Tabla 1, en las que se expresa mediante “*se representa*” y “*se indica*” el carácter convencional del código gráfico rojo o azul para vasos sanguíneos, sólo 2 de ellos señalaron exclusivamente alguna de esas opciones correctas. Los 8 restantes marcaron simultáneamente otras opciones (como d, f, k, l, n, o, p), lo que evidencia la ausencia de conflictos cognitivos sobre sus propios procesos de aprendizaje (Galagovsky, 2009).

CONCLUSIONES

Evidencias provenientes de respuestas de niños de 10-11 años frente al aprendizaje escolar del tema *sistema circulatorio* (Tabla 1) han permitido hacer una propuesta de cinco Procesos Cognitivos (Cuadro 1) discriminados dentro del marco teórico del SPI.

Encontrar cinco casos de regularidades en la forma en que estos PC pudieron haber funcionado para la organización de las respuestas de los estudiantes permitió definir tres Obstáculos Epistemológicos de Aprendizaje (OEA):

- OEA 1: Preeminencia idiosincrásica de aspectos sintácticos aislados. Los PC 1 y 2 de consolidación de aspectos sintácticos aislados de diferentes lenguajes darían origen a este obstáculo al generar asociaciones anzuelo-señalador erróneas (Casos 1 y 2).
- OEA 2: Articulación sintáctico-semántica idiosincrásica. Un refuerzo o una consolidación del OEA 1 daría origen a este nuevo obstáculo al generar asociaciones anzuelo-señalador erróneas por generación de un PC 3 con asignaciones de significación incorrectas (Casos 3 y 4).
- OEA 3: Falta de consistencia en la construcción de respuestas. El PC 4 podría justificar que un novato no se diera cuenta que en su elección de opciones de respuestas se presentan inconsistencias internas (Caso 5).

Estos obstáculos se sumarían a otros ya publicados para aprendizaje en contextos universitarios (Garófalo, 2014).

El presente trabajo aporta ideas teóricas basadas en evidencias, que permiten deducir acciones didácticas específicas para mejorar la comunicación en el aula de ciencias naturales, en base a la consideración de reflexionar sobre los procesos cognitivos que favorecen –o no– la construcción de aprendizajes en los estudiantes de escuela primaria.

AGRADECIMIENTOS

Ha sido posible realizar este trabajo gracias a un subsidio UBACyT (2014-2017), de la Universidad de Buenos Aires, y gracias a un subsidio PICT (2014-2017) de la Agencia Nacional de Promoción Científica y Tecnológica, de Argentina.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BEKERMAN, D.G. (2007). La utilización de la imagen en los procesos de enseñanza y aprendizaje de química orgánica. *Tesis doctoral*. FFyB (UBA), Buenos Aires.
- CARVALHO G.S. y CLÉMENT, P. (2007). Relationships between Digestive, Circulatory, and Urinary Systems in Portuguese Primary Textbooks. *Sci.Ed.Int.*, 18(1), 15-24.
- CARVALHO G.S. *et al.* (2004). Portuguese primary school children's conceptions about digestion: identification of learning obstacles. *Int. J.Sci.Ed.*, 26(9), 1111-1130.
- CLÉMENT, P. (2003). Situated conception and obstacles: The example of digestion /excretion. En: Pillos, D. *et al.* *Science Education Research in the Knowledge-Based Society*. Dordrecht: Kluwer Academic.
- ERICSSON, K. A. y SIMON, H. A. (1999). *Protocol Analysis: Verbal Reports as Data*. 3. ed. Massachusetts: MIT Press.
- GALAGOVSKY, L. (2004). Del aprendizaje significativo al aprendizaje sustentable. Parte 1: El Modelo Teórico. *Enseñanza de las Ciencias*, 22(2), 229-240; Del aprendizaje significativo al aprendizaje sustentable. Parte 2: Derivaciones Comunicacionales y Didácticas. *Enseñanza de las Ciencias*, 22(3), 349-364.
- GALAGOVSKY, L., DI GIACOMO, M.A. y CASTELO, V. (2009). Modelos vs. dibujos: el caso de la enseñanza de fuerzas intermoleculares. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 8(1), 1-22.
- GALAGOVSKY, L. y GIUDICE, J. (2015). Estequiometría y ley de conservación de la masa: una relación a analizar desde la perspectiva de los lenguajes químicos. *Ciênc. Educ.*, 21(1), 85-99.
- GARÓFALO, S.J. (2010). Obstáculos epistémicos de aprendizaje del tema metabolismo de Hidratos de Carbono. Un estudio transversal. *Tesis doctoral*. FCEyN (UBA), Buenos Aires.
- GARÓFALO, S.J., ALONSO, M. y GALAGOVSKY, L. (2014). Nueva propuesta teórica sobre obstáculos epistemológicos de aprendizaje. El caso del metabolismo de los carbohidratos. *Enseñanza de las ciencias*, 32(3), 155-171.
- JOHNSTONE, A. H. (1997). Chemistry Teaching – Science or Alchemy? *J.Chem.Ed.*, 74(3), 262-268.
- NORMAN, D.A. (1976). *Memory and Attention: An introduction to human information processing*. Nueva York: Ed. John Wiley.