

Análisis de errores frecuentes de los estudiantes en las pruebas Simce de Ciencias Naturales de 6^o básico

Analysis of Common Misconceptions of Students in 6th Grade Natural Sciences Simce Test

Carlos Alberto Cuevas Lizana, María José Salazar Verdugo,
Francisco Javier Soto Arteaga y Juan Rafael Bravo Miranda

Agencia de la Calidad de la Educación

Resumen

Es común que los estudiantes inicien su preparación en cursos de Ciencias Naturales teniendo ya sus propias ideas de cómo funciona el mundo, aunque muchas veces esas ideas o preconceptos se contrapongan a los conceptos científicos aceptados como correctos. En Chile, el Ministerio de Educación, a través de las guías didácticas, se ha referido a las áreas de las ciencias que son abordadas en el currículum nacional, en las cuales los estudiantes presentan errores conceptuales, lo que concuerda con la evidencia a nivel internacional. Los Objetivos de Aprendizaje del currículum nacional son evaluados por la prueba Simce, y es utilizando un *pool* de ítems destinado a la construcción de esta evaluación que se ha constatado que los estudiantes de 6^o básico presentan dificultad para responder algunos contenidos, evidenciándose en sus respuestas, errores conceptuales comunes en todos los ejes curriculares. Los resultados obtenidos en el presente estudio confirman los errores frecuentes reportados y abren la posibilidad de utilizar la evaluación como una práctica no sólo de medición, sino también como una alternativa de la que se pueda extraer información que apoye la formación de estudiantes y docentes.

Palabras clave: error conceptual, preconcepción, Simce Ciencias Naturales

Correspondencia a:

Carlos Cuevas Lizana.
Agencia de Calidad de la Educación.
Morandé 360, piso 10. Santiago, Chile.
carlos.cuevas@agenciaeducacion.cl

© 2018 PEL, <http://www.pensamientoeducativo.org> - <http://www.pel.cl>

ISSN:0719-0409 DDI:203.262, Santiago, Chile
doi: 10.7764/PEL.55.1.2018.5

Abstract

It is common that students beginning their preparation in courses of Sciences bring their own ideas of how the world works, although those ideas or preconceptions differ from scientific concepts accepted as correct. In Chile, the Ministry of Education, through the didactic guides, has referred to the areas of science in the national curriculum, in which students present conceptual errors, which is consistent with international evidence. The learning objectives of the national curriculum are evaluated by the Simce test, and it is to use a set of elements destined to the construction of this evaluation that it has been verified that 6th grade students have a difficulty in responding to some content, evidencing in their answers, common conceptual errors in all curricular axes. The results obtained in the present study confirm the common errors reported and gives the possibility of using the evaluation not only as a measurement of student achievement, but also as a source from which information can be extracted, supporting the formation of teachers and students.

Keywords: misconception, preconception, natural sciences test

Se entienden como conceptos científicos aquellas ideas que nos permiten apreciar los patrones y relaciones entre cómo se constituyen las cosas y la manera en la que se comportan (Bradley, 1996); dicho de otra manera, los conceptos científicos nos ayudan a entender el mundo que nos rodea (Eggen & Kauchak, 2004). Al hablar de la manera en que los niños y jóvenes perciben los conceptos científicos en el contexto escolar, nos referimos a cómo los estudiantes entienden el mundo, incluyendo en ello su propia experiencia cotidiana y habilidades (Johnston & Gray, 1999; Martin, Sexton & Gerlovich, 2002).

Los estudiantes, al momento de comenzar una nueva unidad de aprendizaje en Ciencias Naturales, ya poseen ideas científicas propias, basadas en sus experiencias, las que pueden estar parcialmente formadas o ser científicamente imprecisas (Johnston & Gray, 1999; Treagust, 1988), siendo parte importante del origen de los errores conceptuales en ciencias (Campanario y Otero, 2000). De esta manera, los errores (por simplicidad, los denominaremos de esta manera) se pueden agrupar en varias categorías de acuerdo a la forma en que se originan, como, por ejemplo, en preconcepciones, que constituyen conceptos enraizados en la experiencia; creencias, que corresponden a visiones obtenidas de fuentes no científicas, como la religión; domésticos, referidos al uso de palabras y términos que tienen diferentes significados en la vida cotidiana y en el lenguaje científico; interpretativos, que surgen cuando el estudiante modifica su idea previa a una nueva idea incorrecta, utilizando información científica verdadera que se le ha entregado, entre otros (Hanuscin, 2007).

En el área de las ciencias, la apropiación de errores por parte de los estudiantes se ha observado a todos los niveles educativos, desde la educación parvularia hasta la educación superior (Brumby, 1984; Cofré, Vergara, Santibáñez y Jiménez, 2013; Eaton, Anderson y Smith, 1984; Kind, 2004; Mahmud y Gutiérrez, 2010; Pathare & Pradhan, 2010; Rodríguez, Mena y Rubio, 2010; Sadler & Sonnert, 2016; Thompson & Logue, 2006; Wescott & Cunningham, 2005). La literatura da cuenta, en la enseñanza básica particularmente, de que existen errores en contenidos relacionados con el calor y la temperatura (Gonen & Kocakaya, 2010; TessIndia, 2009; Weiss, 2000), las características de las células (Vijapurkar, Kawalkar & Nambiar, 2013), sistemas de órganos (Allen, 2010; Dry, 1998; Ozgur & Pelitoglu, 2008), transferencia y transformación de la energía (Herrmann-Abell & DeBoer, 2011), energía y fotosíntesis (Panagiota & Galanopoulou, 2006), cadenas y tramas tróficas (Allen, 2010; Stamp & Armstrong, 2005), cambios de estado de la materia (Fries-Gaither, 2008; Kind, 2004), entre otros.

En Chile, el currículo nacional (Bases Curriculares), para los niveles de quinto y sexto básico, se organiza en un eje de habilidades, donde se promueve el desarrollo de diversas habilidades y procedimientos propios del quehacer científico, que se deben articular con los núcleos conceptuales de tres ejes de contenido: Ciencias de la Vida, Ciencias Físicas y Químicas y Ciencias de la Tierra y el Universo. El Ministerio de Educación, en el documento “Guía Didáctica” (MINEDUC, 2013), da cuenta de errores frecuentes o preconcepciones de los estudiantes de estos niveles educativos, entre los que se mencionan los siguientes:

Para el Eje Ciencias de la Vida

Confusión de conceptos de moléculas y células; incompreensión de los niveles de organización de células en tejidos y órganos; el funcionamiento de los órganos es aislado y descontextualizado, al igual que el funcionamiento de los sistemas; la digestión parte y termina en el estómago; las tramas tróficas organizan seres vivos de manera fija, que serían sistemas cerrados y permanentes, que las conexiones entre sí representan quién se come a quién (y no “hacia dónde” se transfiere la materia y la energía); acerca del flujo de materia y energía suponen que todo tipo de alimento conseguido por un consumidor aporta iguales nutrientes y energía; suponen que las relaciones tróficas son inalterables a través del tiempo y funcionan en forma independiente de la actividad humana.

Para el Eje Ciencias Físicas y Químicas

Que la energía está presente en los seres vivos, pero no en objetos inertes; la energía es sinónimo de “energía eléctrica”; fuerza y energía son sinónimos; suponen que solo objetos calientes transfieren calor o que los objetos inanimados no transfieren calor; piensan que la temperatura es un fenómeno que se manifiesta al medirla; confunden los conceptos de calor y temperatura; solo cambia la temperatura de un objeto que estaba frío; no comprenden que las partículas, en los distintos estados de la materia, se organizan de diferente manera; evaporación y ebullición son sinónimos; los cambios de estado son una propiedad “del agua” o que los estados de la materia de otras sustancias se asemejan al del agua; la materia se encuentra en tres estados y siempre debe pasar de sólido a líquido y luego de líquido a gaseoso; la única sustancia que cambia de estado es el agua; no vinculan el cambio de estado a las interacciones entre las partículas de la sustancia que se enfría o calienta.

Para el Eje Ciencias de la Tierra y del Universo

Piensan que los glaciares están formados por agua salada; creen que los recursos hídricos son recursos ilimitados.

La prueba Simce de sexto básico evalúa los Objetivos de Aprendizaje de los ejes de contenido y habilidades propuestos en el currículo nacional para los niveles de quinto y sexto año básico (Agencia de Calidad de la Educación, 2014). Esta prueba se construye utilizando ítems que se han probado previamente en una prueba experimental, con la finalidad de asegurar su validez y confiabilidad (Agencia de Calidad de la Educación, 2014). El propósito principal de este estudio es identificar los errores frecuentes de los estudiantes de 6° básico, a partir del análisis de ítems de las pruebas experimentales de 6° básico aplicadas en los últimos años.

Metodología

Muestra

Las pruebas experimentales 2013 y 2015 de Ciencias Naturales fueron aplicadas a un conjunto de establecimientos seleccionados a partir de un muestreo estratificado, siendo los estratos explícitos dependencia, rendimiento Simce y ruralidad. La prueba experimental 2013 se aplicó en las regiones Metropolitana, Coquimbo y Bío Bío, mientras que la prueba experimental 2015 se implementó en las regiones Metropolitana, Valparaíso y Bío Bío. En ambos casos, el número de estudiantes seleccionados correspondió a un total aproximado de 16.000 alumnos.

Pruebas

La prueba Simce censal de sexto básico mide las habilidades y Objetivos de Aprendizaje del currículo vigente.

Consta de preguntas cerradas de opción múltiple de tres y cuatro opciones, y de preguntas abiertas o de respuesta construida por el estudiante. El currículum establece cuatro ejes temáticos que se evalúan en la prueba: Ciencias de la Vida, Ciencias Físicas y Químicas, Ciencias de la Tierra y el Universo y Habilidad de Indagación Científica. Las pruebas experimentales analizadas son equivalentes a las pruebas censales en cuanto a contenidos y habilidades, pero se utilizan únicamente con el propósito de probar preguntas que serán utilizadas en procesos censales posteriores, de manera de incluir en estas pruebas ítems validados psicométricamente, asegurando la comparabilidad, validez y confiabilidad de los instrumentos.

Análisis y selección de ítems

Dentro de los ítems disponibles de las pruebas experimentales de Ciencias Naturales de 6° básico aplicadas los años 2013 y 2015, se decidió utilizar como primer filtro el parámetro clásico de dificultad (p -value), que indica el porcentaje de la muestra que respondió de manera correcta el ítem, considerando como punto de corte una elección de la clave inferior a 0.5, es decir, que menos del 50% de los estudiantes hayan respondido de manera correcta. Como segundo filtro, se definió heurísticamente que es probable que las preguntas difíciles reflejen un error conceptual cuando existe un distractor que es más escogido que la clave o cuando un distractor es seleccionado por más de un tercio de los estudiantes para preguntas de cuatro opciones. Las preguntas seleccionadas aplicando estos filtros son sometidas a juicio experto.

Resultados

Se analizaron ítems de selección múltiple provenientes de las pruebas experimentales de 6° básico aplicadas el 2013 y 2015. Del total de ítems incluidos en estas pruebas, el 52% de ellos presentó un valor p inferior a 0.5, vale decir, que menos de la mitad de los estudiantes contestó de manera correcta y, por lo tanto, serían considerados para el análisis de acuerdo al criterio de dificultad propuesto y sometidos a la búsqueda de distractores más escogidos que la clave o distractores seleccionados por más de un tercio de los estudiantes. Resulta llamativo que, del total de ítems incluidos en las pruebas, el 33% de ellos presenta un valor p inferior a 0.4, es decir, en estos ítems responden correctamente menos del 40% de los estudiantes.

Del total de las preguntas incluidas en las pruebas experimentales 2013 y 2015, la distribución por eje y dominio cognitivo evaluado es la que se señala a continuación:

- Eje temático Ciencias de la Vida: 42%
- Eje temático Ciencias Físicas y Químicas: 37%
- Eje temático Ciencias de la Tierra y el Universo: 21%

- Dominio cognitivo Conocimiento: 50%
- Dominio cognitivo Aplicación: 27%
- Dominio cognitivo Razonamiento: 23%

Dentro del eje de Ciencias de la Vida, el 56% de los ítems resulta difícil, mientras que para el eje de Ciencias Físicas y Químicas lo es el 50% y para el eje de Ciencias de la Tierra y el Universo lo es el 49%.

En el eje Ciencias de la Vida, el 17% de los ítems considerados difíciles se encuentra en el núcleo conceptual correspondiente a organización de células en tejidos, órganos y sistemas. También se observa dificultad en ítems asociados a sistemas del cuerpo, destacándose el sistema digestivo con un 17% del total de las preguntas difíciles en el eje. El 11% de las preguntas difíciles del eje están relacionadas con ítems asociados al consumo de alimentos y sus beneficios, en donde queda de manifiesto la dificultad de los estudiantes para relacionar el consumo de los alimentos con procesos como la reparación o el crecimiento de los tejidos. En la figura 1 se muestra un ítem

experimentado el año 2015 referido a este contenido.

Los alimentos contienen sustancias que ayudan al crecimiento, la reparación, el desarrollo y el movimiento del cuerpo.

¿Cuál de los siguientes alimentos contribuye principalmente a la reparación de los tejidos en nuestro cuerpo?

- A. Pan.
- B. Aceite.
- C. Pescado.
- D. Espinaca

Figura 1. Ítem de Ciencias de la Vida referido a beneficios del consumo de alimentos.

La clave C es escogida por el 37,14% de los estudiantes, sin embargo, el distractor D es seleccionado por el 36,05%, teniendo un comportamiento similar al de la clave.

Otro núcleo conceptual importante en el que se encontró una gran cantidad de preguntas difíciles (27%) del eje corresponde a la transferencia de materia y energía entre organismos.

En el eje de Ciencias Físicas y Químicas encontramos dos núcleos conceptuales de importancia. El primero de ellos incluye contenidos relacionados con la transferencia de calor y la diferencia entre calor y temperatura, en donde el 30% de las preguntas difíciles de este eje corresponde a ítems relacionados a estos contenidos. En la pregunta de la figura 2 se evidencia un error frecuente cometido por los estudiantes.

Las personas utilizan ropa gruesa para abrigarse, porque la ropa:

- A. le entrega calor al cuerpo.
- B. le entrega temperatura al cuerpo.
- C. disminuye la pérdida de calor del cuerpo.
- D. disminuye el paso del frío hacia el cuerpo.

Figura 2. Ítem de Ciencias Físicas y Químicas referido transferencia de calor.

Al analizar las respuestas de los estudiantes, resulta que un 33,26% considera que la ropa de abrigo, más que aislar el calor, genera y transfiere calor al cuerpo (opción A). Por otra parte, un 30,18% cree correcta la opción B y solo un 16,56% contesta correctamente que se debe a la disminución de la pérdida de calor del cuerpo.

El segundo núcleo conceptual importante en este eje corresponde a cambios de estado de la materia y las características de las partículas que la conforman. En este caso, el 33% de los ítems difíciles del eje corresponde a preguntas relacionadas a este contenido. Se evidencia una confusión al reconocer los cambios de estado, por ejemplo, en la pregunta de la figura 3: un 36,04% de los estudiantes considera como fusión el paso de líquido a sólido, optando por el distractor A.

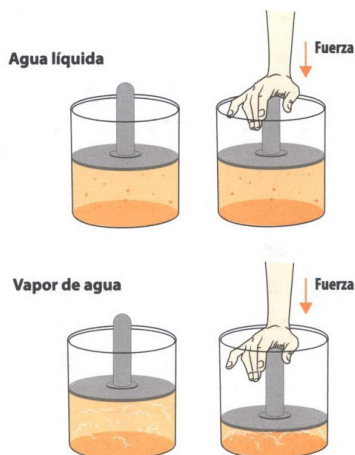
¿En cuál de las siguientes situaciones se puede observar el proceso de fusión?

- A. Al poner agua en el congelador para hacer hielo.
- B. Al derretir chocolate para cubrir un queque.
- C. Al disolver azúcar en el té caliente.
- D. Al hervir agua para cocer fideos.

Figura 3. Ítem de Ciencias Físicas y Químicas referido a cambios de estado

Otra confusión llamativa es que los estudiantes tienden a explicar fenómenos microscópicos, como el comportamiento de moléculas o partículas, en función de las características físicas, lo que se ve reflejado, por ejemplo, en la respuesta de la pregunta que aparece en la figura 4. Otra respuesta recurrente es que consideran a las células como constituyentes de la materia, en lugar de las moléculas.

En la imagen se representan los resultados de un experimento donde se aplica la misma fuerza sobre un volumen de agua en dos estados distintos: agua líquida y vapor de agua.



¿Por qué el vapor de agua reduce su volumen al comprimirse y el agua líquida no?

Ejemplo de respuesta 1
 por que el agua líquida es mas fuerte que el vapor

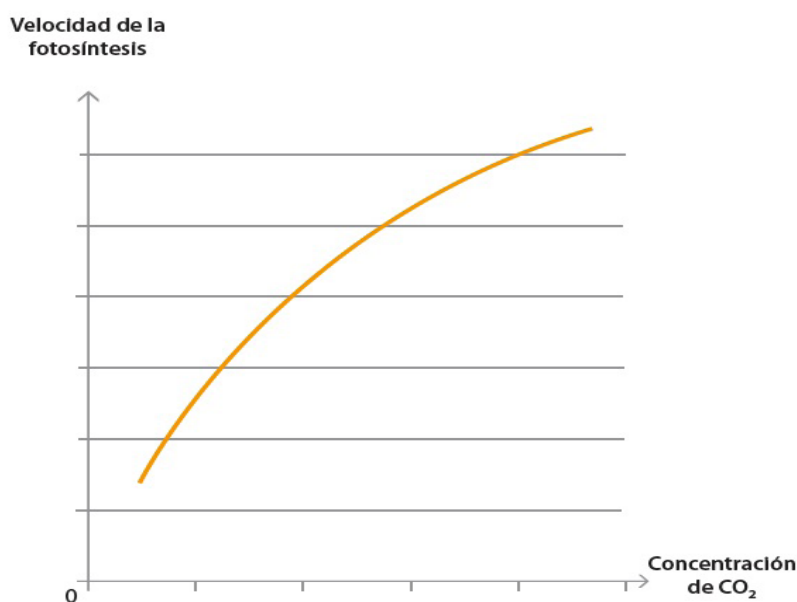
Ejemplo de respuesta 2
 porque el vapor se extiende, sea sus celulas estan espaciadas y cuando uno les hace presion todas se juntan.

Figura 4. Pregunta abierta de Ciencias Físicas y Químicas.

En cuanto al eje de Ciencias de la Tierra y el Universo, un núcleo conceptual que concentra el 29% de las preguntas difíciles corresponde a la distribución del agua y los efectos de la actividad humana sobre este recurso.

Resulta interesante que, de manera transversal en todos los ejes, nos encontramos con preguntas referidas a habilidades de investigación científica que resultan difíciles para los estudiantes, especialmente aquellas que invitan a formular una pregunta que pueda ser respondida de manera experimental y aquellas que piden explicar fenómenos utilizando evidencias experimentales, tal como se ejemplifica en la figura 5.

Matías cultiva sus verduras dentro de una caja grande de plástico. Para que su cultivo sea más productivo, Matías aumentó la concentración de CO_2 dentro de la caja cada vez más, obteniendo como resultado los datos que se muestran en el siguiente gráfico.



¿Qué efecto tiene el aumento de la concentración de CO_2 en las verduras que cultiva Matías?

- A. Aumenta la producción de azúcar en la fotosíntesis.
- B. Mantiene la actividad fotosintética estable en el tiempo.
- C. Disminuye la producción de oxígeno liberado al medio ambiente.

Figura 5. Ítem de habilidad de investigación. Explicar a partir de una investigación.

Esta pregunta está referida al concepto de fotosíntesis, no obstante, su respuesta no está mediada por el nivel de apropiación de este concepto, sino que por la habilidad de interpretar información. En efecto, pese a que la respuesta correcta es A, un 42,1% de los estudiantes que responde considera correcto el distractor B.

El resumen de los núcleos conceptuales en donde se observan errores, por área disciplinar, se presenta en el anexo 1.

Discusión y conclusión

La construcción de evaluaciones nacionales como las pruebas Simce es una tarea compleja, porque requiere contar con un *pool* de ítems calibrados para la población de estudiantes evaluada. Esto resulta particularmente difícil en aquellos casos en que las expectativas curriculares difieren significativamente de los logros de aprendizaje alcanzados por los estudiantes, tal como sucede en el caso de la asignatura de Ciencias Naturales.

Sin embargo, esta dificultad para el diseño de los instrumentos abre la posibilidad de analizar ítems que presentan una complicación mayor para los estudiantes, al igual que aquellos que deben descartarse producto de su comportamiento estadístico inesperado; en general, ítems de alta dificultad y distractores muy atractivos para la mayoría de los estudiantes. Todo esto para identificar patrones y errores frecuentes en las respuestas de los estudiantes de 6° básico. En concreto, los resultados de este estudio han evidenciado errores en los distintos ejes curriculares evaluados.

Dentro del eje de Ciencias de la Vida, los aprendizajes se orientan a la apropiación de los conceptos básicos relacionados con la célula, niveles de organización de los seres vivos; alimentación balanceada, funcionamiento integrado de los diferentes sistemas del organismo humano; y el flujo de energía y materia. Es precisamente en todos estos núcleos conceptuales en donde hemos observado errores, ya que, por ejemplo, no hay una comprensión de cómo células forman unidades funcionales, tales como tejidos y órganos. También los estudiantes manifiestan serias dificultades para describir cómo fluye la energía entre organismos, cómo se distribuye en una trama trófica, y, del mismo modo, evidencian dificultades para analizar el rol de los organismos en una trama. Por otra parte, ha sido habitual encontrar como opciones altamente escogidas aquellos alimentos ricos en vitaminas, como frutas y verduras, en preguntas relacionadas con la participación de nutrientes en la reparación de tejidos.

Dentro del eje de Ciencias Físicas y Químicas, en el currículo se enfatizan las transformaciones y fuentes de energía, la noción de calor y su relación con la temperatura, los estados de la materia y los cambios entre ellos. En este eje también encontramos errores asociados a estos núcleos conceptuales. Por consiguiente, los estudiantes manifiestan serias dificultades para distinguir entre calor y temperatura, así como para describir el calor como un flujo o transferencia de energía. En este sentido, los estudiantes tienden a asignar las características de la temperatura al calor, así como también les resulta más familiar hablar de un inexistente “flujo de frío” e ignorar el efecto de un aislante del calor, como queda de manifiesto en el ejemplo de respuesta consignado en la figura 2. Es frecuente, también, que los estudiantes no sepan describir los procesos de cambio de estado, tal como se ejemplifica en la figura 3, y evidencien dificultades para describir el comportamiento de la materia empleando el modelo corpuscular, tal como se evidencia en el ejemplo de la pregunta abierta de la figura 4.

En el eje de Ciencias de la Tierra y el Universo se abordan aprendizajes relacionados con la distribución del agua en el planeta Tierra, cuidado de las reservas hídricas y efectos de la actividad humana en el ecosistema. Precisamente, hemos identificado que estos tópicos es en donde ocurren errores, existiendo dificultades al identificar las principales fuentes de agua y su distribución, y más preocupante es que no hay un reconocimiento claro de las actividades que contribuyen a proteger estas fuentes y las consecuencias de actividades como depositar aguas servidas en un río, por ejemplo. Gran parte de los errores recogidos en este análisis concuerdan con la literatura actual que reúne errores en estudiantes de esta edad (Allen, 2010; Dry, 1998; Fries-Gaither, 2008; Gonen & Kocakaya, 2010; Herrmann-Abell & DeBoer, 2011; Kind, 2004; Ozgur & Pelitoglu, 2008; Panagiota & Galanopoulou, 2006; Stamp & Armstrong, 2005; TessIndia, 2009; Vijapurkar, Kawalkar & Nambiar, 2013; Weiss, 2000), y, de la misma forma, las guías didácticas del

Ministerio de Educación señalan los núcleos conceptuales encontrados en nuestro análisis como errores o preconcepciones de los estudiantes. El contenido para el cual no se encontraron referencias en la literatura es la función, importancia y participación de los nutrientes en la reparación de tejidos, dejándose ver en las respuestas que los estudiantes asumen que los alimentos ricos en vitaminas, como frutas y verduras, son los actores principales en funciones de crecimiento, reparación y desarrollo, y no comprenden que cada nutriente presenta una función principal, aunque fisiológicamente pueden participar varios nutrientes en una misma actividad (Sesso & Rimm, 2013).

Los errores conceptuales afectan la forma en la que los estudiantes entienden las ideas de la ciencia, puesto que la experiencia y el sentido común pueden originar imprecisiones o mal interpretaciones que evitan que el estudiante aprenda correctamente (Eaton, Anderson y Smith, 1984). A través de este análisis no es posible determinar de dónde provienen esas preconcepciones o errores conceptuales, aunque hemos señalado que una fuente importante de los errores es la experiencia del propio estudiante, pero no es responsabilidad exclusiva, puesto que los familiares, al ser consultados por cuestiones que involucran ciencia, en lugar de admitir desconocimiento, es común que den explicaciones incorrectas (Thompson & Logue, 2006). Otras fuentes de estos errores son materiales encontrados en medios de comunicación, como la televisión, Internet y la publicidad, que pueden ser considerados por los estudiantes como confiables, y también se puede incluir el profesorado, los libros de texto y otros materiales escolares, la interferencia del lenguaje cotidiano con el científico y la cultura (Pozo, 1996).

En relación a los profesores, se sabe que en Chile los profesores se sienten menos seguros que el promedio internacional, especialmente en contenidos relacionados con la Química, la Física y las Ciencias de la Tierra (OCDE, 2006). Como lo señaló Vergara (2006) en un estudio sobre profesores de Biología, estos le daban gran importancia a la memoria, más que a la comprensión de conceptos, realizando clases en donde los alumnos no eran protagonistas, y consideraban las experiencias prácticas como poco eficaces. La poca relevancia que dan al trabajo de laboratorio se ha reportado también para enseñanza básica en los niveles de 5° y 6° básico (Cofré, Galaz, García, Honores, Moreno, Andrade y Vergara, 2009).

Es por lo anterior que resulta importante considerar lo que se señala en la literatura de la didáctica de las Ciencias Naturales como la “enseñanza por cambio conceptual”, que se refiere a considerar el conocimiento previo (y experiencias) de los estudiantes (ya señalado por Piaget, 1971 y Ausubel, 1978), con el objeto de identificar las preconcepciones y, así, orientar la planificación de actividades más adecuadas para el entendimiento de los conceptos y, por sobre todo, estimular al estudiante a modificar esa estructura de conocimiento (Mahmud y Gutiérrez, 2010). Es en este punto en donde el profesor juega un papel relevante, ya que se ha señalado que un docente que es capaz de identificar un error frecuente en una prueba de selección múltiple tiene mejores resultados en el aula que un profesor que no lo hace (Sadler, Sonnert, Coyle, Cook-Smith & Miller, 2013).

No obstante, se ha señalado que la principal dificultad para la adquisición de conceptos científicos no reside solo en la existencia de preconcepciones en el estudiante, sino que también en la metodología utilizada en la enseñanza que está en su origen (Calatayud y Gil Pérez, 1993; Mahmud y Gutiérrez, 2010), debiéndose intervenir introduciendo una forma de pensamiento más creativa, que obligue a imaginar nuevas posibilidades, planteando problemas, emitiendo hipótesis, diseñando experimentos y analizando cuidadosamente los resultados, viendo cómo el preconcepción de partida es puesto a prueba.

Se ha declarado que la finalidad de la enseñanza de las ciencias en la escuela es lograr que los y las estudiantes adopten conocimientos, habilidades y actitudes que les permitan comprender cómo las ciencias tienen efectos en sus vidas y en el medio ambiente (Nwagbo, 2006; OCDE, 2000; Vázquez y Manassero,

2002; Vilches, Solbes y Gil, 2004). Por lo tanto, la educación en ciencias es una necesidad dentro de un mundo globalizado y es imperativo que los estudiantes logren comprender el mundo natural y tecnológico, con el objeto de decidir, de manera informada, sobre su bienestar y el de la sociedad (López, 2006). Este objetivo se consigue incorporando conocimientos de diferentes disciplinas (Biología, Física y Química), promoviendo la curiosidad natural, relacionando experiencias prácticas que permitan la comprensión de ideas científicas y utilizando los conocimientos e ideas de la ciencia aplicando habilidades científicas. Dicho de otro modo, el estudiante comprenderá el mundo con el apoyo del docente, discutiendo contenidos, ideas y conceptos, y ayudado por su propia experiencia. Los resultados de Chile en las mediciones internacionales como PISA, centrados en la competencia científica, muestran que el 32% de los estudiantes evaluados no alcanza el nivel 2, el que implica un dominio de contenidos científicos básicos, interpretación literal de información y la capacidad de sacar conclusiones simples o en contextos familiares (OCDE, 2009).

Dados estos antecedentes, estudiar los errores frecuentes que cometen los estudiantes puede resultar un buen mecanismo de intervención y, mientras más temprana sea su detección, más eficientes pueden ser las orientaciones a la reestructuración de estos preconceptos o errores, contribuyendo, así, a un mejor aprendizaje de los conceptos, ideas científicas y adquisición de habilidades. Es en este contexto que evaluar el aprendizaje debe considerarse como una práctica pedagógica no sólo enfocada en medir y calificar, sino también como una herramienta de la que se puede extraer información adecuada para tomar decisiones acertadas de carácter formativo en favor de los estudiantes y cuerpo docente. Siguiendo esta lógica, en este estudio hemos evidenciado que, analizando los datos provenientes de las mediciones, se ha podido detectar gran variedad de errores que concuerdan con los antecedentes existentes, y otros que se proponen, para ser verificados en posteriores análisis.

El artículo original fue recibido el 18 de noviembre de 2016
El artículo revisado fue recibido el 16 de febrero de 2018
El artículo fue aceptado el 20 de abril de 2018

Referencias

- Agencia de Calidad de la Educación (2014). *Informe Técnico Simce*. Recuperado de http://archivos.agenciaeducacion.cl/InformeTecnicoSimce_2014.pdf
- Allen, M. (2010). *Misconceptions in Primary Science*. England: McGraw-Hill – Berkshire.
- Ausubel, D. (1978). *Psicología educativa: Un punto de vista cognoscitivo*. México: Trillas.
- Bradley, L.S. (1996). *Children learning science*. Oxford: Nash Pollack.
- Brumby, M.N. (1984). Misconceptions about the concept of natural selection by medical biology students. *Science Education*, 68, 493-503.
- Calatayud, M.L., y Gil Pérez, D. (1993). La preparación docente del profesorado de facultades de ciencias: una necesidad emergente. *Enseñanza de las Ciencias, número extra (IV Congreso)*, 35-36.
- Campanario, J.M., y Otero, J.C. (2000). Más allá de las ideas previas como dificultades de aprendizaje: las pautas de pensamiento, las concepciones epistemológicas y las estrategias metacognitivas de los alumnos de ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, 18, 155-169.
- Cofré, H., Galaz, C., García, C., Honores, M., Moreno, L., Andrade, L., y Vergara, C. (2009). Frecuencia y tipo de actividades de laboratorio que realizan profesores/as primarios en el área de las ciencias, en Santiago de Chile. *Enseñanza de las Ciencias, Número Extra VIII Congreso Internacional sobre Investigación en Didáctica de las Ciencias, Barcelona*, 3432-3435.
- Cofré, H., Vergara, C., Santibáñez, D., y Jiménez, J. (2013). Una primera aproximación a la comprensión que tienen estudiantes universitarios en Chile de la Teoría de la Evolución. *Estudios Pedagógicos*, 39(2), 67-83. Recuperado de <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-07052013000200005>
- Dry, H. (1998). *Student Misconceptions in Science: The Human Digestive System*. State Brockport: University of New York College at Brockport.
- Eaton, J. F., Anderson, C. W., & Smith, E. L. (1984). Student's Misconceptions Interfere with Science Learning: Case Studies of fifth-Grade Students. *The Elementary School Journal*, 84(4), 365-379.
- Eggen, P., & Kauchak, D. (2004). *Educational Psychology: Windows on Classrooms*. Upper Saddle River: Pearson Prentice Hall.
- Fries-Gaither, J. (2008). *Common misconceptions about states and changes of matter and the water cycle*. Recuperado de <http://beyondpenguins.ehe.osu.edu/issue/water-ice-and-snow/common-misconceptions-about-states-and-changes-of-matter-and-the-water-cycle>
- Gonen, S., & Kocakaya, S. (2010). A Cross-Age Study on the Understanding of Heat and Temperature. *Eurasian J. Phys. Chem. Educ*, 2(1), 1-15.
- Hanuscin, D. (2007). *Misconceptions in science E328: Elementary Methods*. Recuperado de <http://eres.lndproxy.org/edoc/CNDAccel/EDU312/Wk3/MisconceptionsinElemScience.pdf>
- Herrmann-Abell, C.F., & DeBoer, G.E. (2011). Investigating Students' Understanding of Energy Transformation, Energy Transfer, and Conservation of Energy Using Standards-Based Assessment Items. *The National Association for Research in Science (NARST) Teaching Annual Conference*, Orlando, FL.
- Johnston, J., & Gray, A. (1999). *Enriching Early Scientific Learning*. Buckingham- Philadelphia: Open University Press.
- Kind, V. (2004). *Beyond Appearances: Students' Misconceptions About Basic Chemical Ideas*. Recuperado de <http://www.rsc.org/learn-chemistry/resource/res00002202/beyond-appearances?cmpid=CMP00007478>
- López, J.C. (2006). La importancia de la educación científica. *CICNetwork*, 0, 14-17.
- Mahmud, M., y Gutiérrez, O. (2010). Estrategia de Enseñanza Basada en el Cambio Conceptual para la Transformación de Ideas Previas en el Aprendizaje de las Ciencias. *Formación Universitaria*, 3(1), 11-20. Recuperado de <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-50062010000100003>
- Martin, R., Sexton, C., & Gerlovich, J. (2002). *Teaching Science for all Children: Methods for Constructing Understanding*. Boston: Allyn and Bacon.

- MINEDUC (2013). *Guía didáctica Ciencias Naturales*. Recuperado de: <http://portales.mineduc.cl/usuarios/basica/File/MODULOS2014/5BASICO/guia5basicocienciasdelavidacnaturales.pdf>
- <http://portales.mineduc.cl/usuarios/basica/File/MODULOS2014/6BASICO/TIERRAYUNIVERSO/guia6basicotierrayuniversocnaturales.pdf>
- <http://portales.mineduc.cl/usuarios/basica/File/MODULOS2014/5BASICO/TIERRAYUNIVERSO/guia5basicotierrayuniversocnaturales.pdf>
- <http://portales.mineduc.cl/usuarios/basica/File/MODULOS2014/6BASICO/CIENCIASDELAVIDA/guia6basicocienciasdelavidacnaturales.pdf>
- <http://portales.mineduc.cl/usuarios/basica/File/MODULOS2014/5BASICO/FISICAYQUIMICA/guia5basicofisicayquimicacnaturales.pdf>
- <http://portales.mineduc.cl/usuarios/basica/File/MODULOS2014/6BASICO/FISICAYQUIMICA/guia6basicofisicayquimicacnaturales.pdf>
- Nwagbo, C. (2006). Effects of two teaching methods on the achievement in and attitude to biology of students of different levels of scientific literacy. *International Journal of Educational Research*, 45(3), 216-229.
- OCDE (2000). Alfabetización en matemáticas y ciencias. En *Informe Chile PISA 2000*. Recuperado de http://www7.uc.cl/sw_educ/educacion/grecia/plano/html/pdfs/biblioteca/LIBROS/BL011.pdf
- OCDE (2006). PISA 2006. Marco de la evaluación. Conocimientos y habilidades en ciencias, matemáticas y lectura. Recuperado de <https://www.oecd.org/pisa/39732471.pdf>
- OCDE (2009). PISA 2009 Results: What Students Know and Can Do STUDENT PERFORMANCE IN READING, MATHEMATICS AND SCIENCE. Recuperado de [https://s3.amazonaws.com/archivos.agenciaeducacion.cl/documentos-web/Estudios+Internacionales/PISA/PISA+/PISA+2009/Volumen+I+Reporte+Internacional+\(Resultados+en+Lectura%2C+Matematica+y+Ciencias\)+version+ingles.pdf](https://s3.amazonaws.com/archivos.agenciaeducacion.cl/documentos-web/Estudios+Internacionales/PISA/PISA+/PISA+2009/Volumen+I+Reporte+Internacional+(Resultados+en+Lectura%2C+Matematica+y+Ciencias)+version+ingles.pdf)
- Ozgur, S., & Pelitoglu, F. (2008). The Investigation of 6th Grade Student Misconceptions Originated from Didactic about the “Digestive System” Subject. *Educational Sciences: Theory and Practice*, 8(1), 149-159.
- Panagiota, M., & Galanopoulou, D. (2006). Pupils’ Understanding of Photosynthesis: A questionnaire for the simultaneous assessment of all aspects. *International Journal of Science Education*, 28(4), 383-403.
- Pathare, S.R., & Pradhan, H.C. (2010). Students’ misconceptions about heat transfer mechanisms and elementary kinetic theory. *Physics Education*, 45(6), 629-634.
- Piaget, J. (1971). *Psicología y Pedagogía*. Barcelona: Ariel.
- Pozo, J. (1996). Las ideas del alumnado sobre la ciencia: de dónde vienen, a donde van, y mientras tanto qué hacemos con ellas. *Alambique*, 7,18-26.
- Rodríguez, M., Mena, D., y Rubio, C. (2010). Razonamiento Científico y Conocimientos Conceptuales de Mecánica: Un Diagnóstico de Alumnos de Primer Ingreso a Licenciaturas en Ingeniería. *Formación Universitaria*, 3(5), 37-46. Recuperado de <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-50062010000500006>
- Sadler, P., & Sonnert, G. (2016). Understanding Misconceptions: Teaching and Learning in Middle School Physical Science. *American Educator*, spring. Recuperado de http://www.aft.org/sites/default/files/ae_spring2016sadler-and-sonnert.pdf
- Sadler, P., Sonnert, G., Coyle, H., Cook-Smith, N., & Miller, J. (2013). The Influence of Teachers’ Knowledge on Student Learning in Middle School Physical Science Classrooms. *American Educational Research Journal*, 50(5), 1020-1049.
- Sesso, H., & Rimm, E. (2013). Food and Vitamins and Supplements! Oh My! Demystifying nutrition: the value of food, vitamins and supplements. The Joseph B. Martin Conference, Center Harvard Medical School.
- Stamp, N., & Armstrong, M. (2005). Using “The Power of Story” to overcome ecological misconceptions and build sophisticated understanding. *Bulletin of the Ecological Society of America*, 86(3), 177-183.

- TessIndia (2009). Alternative conceptions: heat and temperature. Teacher Education through School-based Support in India. Recuperado de http://www.open.edu/openlearnworks/pluginfile.php/145460/mod_resource/content/2/ES12_AIE_Final.pdf
- Thompson, F., & Logue, S. (2006). An exploration of common student misconceptions in science. *International Education Journal*, 7(4), 553-559.
- Treagust, D. F. (1988). Development and Use of Diagnostic Tests to Evaluate Students' Misconceptions in Science. *Int. J. Science Education*, 10(2), 159-169.
- Vázquez, A., y Manassero, M. A. (2002). La presencia de los temas CTS en el currículo a partir de los resultados del TIMSS. Comunicación presentada en el II Seminario Ibérico sobre CTS en la Enseñanza de las Ciencias: Retos y Perspectivas de la Enseñanza de las Ciencias desde el Enfoque CTS en los Inicios del Siglo XXI. Valladolid: Universidad de Valladolid.
- Vergara, C. (2006). *Concepciones sobre la enseñanza y el aprendizaje en profesores de biología: Coherencia entre el discurso y la práctica de aula* (Tesis doctoral para optar al grado de Doctor en Ciencias de la Educación), Pontificia Universidad Católica de Chile.
- Vijapurkar, J., Kawalkar, A., & Nambiar, P. (2013). What do Cells Really Look Like? An Inquiry into Students' Difficulties in Visualising a 3-D Biological Cell and Lessons for Pedagogy. *Res Sci Educ*, 44, 307-333.
- Vilches, A., Solbes, J., y Gil, D. (2004). ¿Alfabetización científica para todos contra ciencia para futuros científicos? *Alambique*, 41, 89-98.
- Weiss, L. (2000). Ell And Non-ell Students' Misconceptions About Heat And Temperature In Middle School (A thesis submitted in partial fulfillment of the requirement for the degree of Master of Education in the Department of Teaching and Learning Principals). College of Education at the University of Central Florida Orlando, Florida. Recuperada de <http://stars.library.ucf.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=5435&context=etd>
- Wescott, D.J., & Cunningham, D.L. (2005). Recognizing student misconceptions about science and evolution. *MountainRise*, 2, 1-8.

Anexos

Anexo 1

Núcleos conceptuales en donde se observan errores, por área disciplinar

Ciencias de la Vida.

Organización de células en tejidos, órganos y sistemas

Sistema digestivo

Consumo de alimentos y sus beneficios

Transferencia de materia y energía entre organismos

Ciencias Físicas y Químicas.

Transferencia de calor

Diferencia entre calor y temperatura

Cambios de estado de la materia y las características de las partículas que lo conforman

Ciencias de la Tierra y el Universo.

Distribución del agua

Efectos de la actividad humana sobre el agua