

ESTUDIO EXPLORATORIO DE LA ASIMILACIÓN DE CONCEPTOS BÁSICOS EN LA ALFABETIZACIÓN CIENTÍFICA: EL CASO DE UN CENTRO DE EDUCACIÓN SECUNDARIA PÚBLICO

JOAN JOSEP SOLAZ-PORTOLÉS
Departament de Didàctica de les Ciències Experimentals i Socials
Universitat de València
Joan.Solaz@uv.es
España

BLANCA SELFA MARÍN
blansel@alumni.uv.es
Departament de Didàctica de les Ciències Experimentals i Socials
Universitat de València
España

RESUMEN: En este estudio se llevó a cabo una primera aproximación a la influencia de la educación secundaria sobre la asimilación de conceptos básicos en la alfabetización científica. Han participado 195 estudiantes de secundaria españoles de diferentes niveles académicos (pero todos pertenecen al mismo centro educativo), a los que se ha administrado el test de Brossard y Shanahan (2006). El análisis de los resultados obtenidos (mediante un ANOVA y la aplicación de pruebas “chi cuadrado”) nos permiten concluir, en relación con la asimilación de conceptos básicos en la alfabetización científica, que: a) No es satisfactoria al finalizar la educación secundaria obligatoria; b) Mejora al avanzar el nivel académico, hasta hacerse significativamente mejor al final de la educación secundaria posobligatoria; y c) Hay conceptos que no se asimilan durante toda la educación secundaria.

PALABRAS CLAVE: *Alfabetización científica, Asimilación de conceptos, Conceptos científicos básicos, Educación secundaria.*

AN EXPLORATORY STUDY ON THE ASSIMILATION OF BASIC CONCEPTS IN
SCIENTIFIC LITERACY: A PUBLIC HIGH SCHOOL CASE

ABSTRACT: This study aims to carry out an initial approach to the secondary education's effects on the assimilation of basic concepts in scientific literacy. One hundred and ninety-five Spanish secondary education students at different educational levels (all from the same high school) have participated in this study. All of them have been administered the Brossard and Shanahan's (2006) test. The analysis of the results obtained (by means of ANOVA and chi square tests) allow us to conclude with respect to the assimilation of basic concepts in scientific literacy level that: a) At the end of compulsory secondary education (16 years old) is unsatisfactory, b) Improves as the educational level progresses, and significantly improves at the end of post-compulsory secondary education (18 years old), and c) There are concepts that can not be assimilated throughout secondary education.

KEYWORDS: *Scientific literacy, Assimilation of concepts, Basic scientific concepts, Secondary education.*

Introducción

El concepto de alfabetización científica fue utilizado probablemente por primera vez por Paul DeHart Hurd (Hurd, 1958). No obstante, el interés y la preocupación por los elementos del concepto de alfabetización científica se remontan al menos hasta el comienzo del siglo pasado, que es cuando adquiere realmente relevancia y la comunidad académica comienza a plantearse la necesidad de alfabetizar científica y tecnológicamente a los ciudadanos (Fensham, 1985). Ha habido múltiples intentos de definir qué es la alfabetización científica, entre ellos citaremos a:

- Durant (1994), para el que no es más que lo que la ciudadanía debería de saber sobre ciencia.
- Fourez (1997), que la define como un concepto que establece una analogía entre la alfabetización básica, iniciada a finales del siglo XIX, y el movimiento de extensión de la educación científica y tecnológica para todos.
- Bybee (1997), que considera que es una metáfora que nos permite expresar de manera general las finalidades y objetivos de la educación científica.
- Aikenhead (2003), quien sostiene que el concepto resume la finalidad de las reformas educativas resultantes de un amplio movimiento

internacional de expertos en la enseñanza de las ciencias.

- Sadler (2004), que la concibe como la habilidad de tomar decisiones científicamente fundamentadas ante cuestiones sociocientíficas.
- Gil y Vilches (2006), quienes defienden que representa una dimensión esencial de la cultura ciudadana constituida por el conjunto de conocimientos científicos y tecnológicos necesarios para desenvolverse en la vida diaria, ayudar a resolver los problemas y necesidades de salud y supervivencia básicos, y tomar conciencia de las complejas relaciones entre ciencia y sociedad.
- Holbrook y Rannikmae (2009), para los que el término hace referencia a conocimientos, destrezas y valores propios de la ciencia que son necesarios para formar ciudadanos responsables

Con todo, parece que la definición más difundida y aceptada por la comunidad científica internacional es la que se presenta en el informe PISA (*Programme for International Student Assessment*), realizado por la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE):

“Capacidad de un individuo de utilizar el conocimiento científico para identificar preguntas, adquirir nuevos conocimientos, explicar fenómenos científicos y sacar conclusiones basadas en evidencias respecto de temas relativos a la ciencia, comprender los rasgos específicos de la ciencia como una forma de conocimiento y búsqueda humana, ser consciente de cómo la ciencia y tecnología dan forma a nuestro mundo material, intelectual y cultural, y tener la voluntad de involucrarse en temas relativos a la ciencia y con ideas científicas como un ciudadano reflexivo” (OCDE, 2009, p.128).

Según Laugksch (2000), la revisión de la extensa literatura sobre la cultura científica sugiere que hay una serie de factores que pueden influir en la interpretación de la alfabetización científica y que, a veces, pueden interaccionar dando lugar a un gran número de supuestos, perspectivas, concepciones y significados que la hacen más compleja. Estos factores son:

- Los diferentes grupos de interés en la alfabetización científica y tecnológica (expertos en educación científica, científicos sociales e investigadores de la opinión pública sobre cuestiones de política científica y tecnológica, sociólogos de la ciencia y profesionales implicados en la divulgación de la ciencia y la tecnología mediante la educación informal y no-formal).

- Las distintas definiciones conceptuales del término.
- Carácter relativo o absoluto del término.
- Las finalidades y variedad de propósitos que se persiguen bajo este concepto.
- Las maneras de medirla.

Hace ya cuarenta años, Shen (1975) sugirió que la comprensión pública de la ciencia podía dividirse en alfabetización científica práctica, alfabetización científica cultural y alfabetización científica cívica. Posteriormente, Miller (1998, p.204) definió la alfabetización científica cívica como “el nivel de conocimientos que permite una comprensión lectora suficiente de un periódico o revista, y posibilita entender la parte esencial de los argumentos que pueden presentarse en la defensa de una determinada posición ante un problema científico que afecte a la sociedad”.

Sin lugar a dudas los sistemas educativos no son los únicos responsables de la alfabetización científica y tecnológica de la ciudadanía, dado que también otros grupos contribuyen a completarla y a su crecimiento continuo durante toda la vida de las personas. Coincidiendo con las reformas educativas, se ha revitalizado el debate internacional y se reivindica con frecuencia la necesidad de una alfabetización científica y tecnológica como parte esencial de la educación básica y general de todas las personas (Acevedo, Vázquez y Manassero, 2003). Asumir esto implica que la enseñanza de las ciencias no puede ceñirse al conocimiento científico y tecnológico, sino que los objetivos y las capacidades a desarrollar deben ser más holísticos y tener auténtica relevancia social para el alumnado, incluyendo los valores éticos y democráticos que se ponen en juego cuando intervienen la ciencia y la tecnología en la sociedad (Holbrook y Rannikmäe, 2007).

Ha habido muchos intentos de determinar la alfabetización científica con objetivos francamente loables, pero no siempre los instrumentos utilizados han seguido un proceso de diseño y validación mediante criterios científicamente fundamentados. Las propuestas de instrumentos para la cuantificación de la alfabetización científica más rigurosas han sido las llevadas a cabo por Durant, Evans y Thomas (1989), Laugksch y Spargo (1996) y Brossard y Shanahan (2006). Las pruebas PISA de ciencias no las hemos tenido en cuenta en esta selección dado que no forma parte de sus objetivos medir el nivel de alfabetización científica general, sino proveer indicadores de los sistemas educativos nacionales y comparar el rendimiento de los estudiantes (Harlen, 2002).

Durant, Evans y Thomas (1989) desarrollaron un cuestionario de 23 ítems con el que se pretendía medir dos dimensiones de la alfabetización científica: el conocimiento científico y los procesos de construcción de la ciencia. La mayoría de los ítems son preguntas de “Sí o No”, el resto son preguntas de opción múltiple. Se aplicó en primer lugar a una muestra de ciudadanos adultos de los Estados Unidos de América, con el resultado de que sólo el 5% de la población de este país podía considerarse alfabetizada científicamente. Posteriormente se administró en el Reino Unido y China, también con resultados decepcionantes.

Laugksch y Spargo (1996) elaboraron un banco de 472 ítems basados en los objetivos de alfabetización científica propuestos por la *American Association for the Advancement of Science*. Estos ítems recogen un total de las 240 ideas y actitudes más relevantes en las ciencias recogidas de las opiniones de centenares de expertos. Además abarcan tres dimensiones de la alfabetización científica: conocimiento científico, naturaleza de la ciencia (procesos de construcción de la ciencia) e impacto de la ciencia y de la tecnología en la sociedad. A tales ítems se le dio el formato de “Verdadero-Falso” en el test. Esta primera versión del test se administró a estudiantes de secundaria de Sudáfrica. Posteriormente elaboraron una segunda versión más reducida de 110 ítems con el mismo formato, de mucha mayor aplicabilidad (Laugksch y Spargo 1999), y que se ha utilizado en un buen número de países.

Brossard y Shanahan (2006) probaron un nuevo acercamiento a la conceptualización y la medida de la alfabetización científica, focalizando su actuación en los términos (conceptos) científicos. En concreto, se basaron en un análisis del uso de conceptos científico-técnicos en los medios de comunicación de los Estados Unidos de América. El aspecto novedoso de su aportación es que en lugar de centrarse en lo que la gente debía saber según los expertos, como hasta ese momento se había hecho, fijaron sus objetivos en lo se esperaba que la gente pudiera saber. El argumento que utilizan es que si los ciudadanos conocen los términos (conceptos) científicos y tecnológicos que aparecen con frecuencia en los medios de comunicación, se podría admitir que están científicamente alfabetizados dentro de los límites de un discurso cívico normal. Por ello, el método para seleccionar los términos para la creación del instrumento de medida del nivel de alfabetización científica lo basaron en un análisis de la cobertura mediática, determinando cuáles eran los términos a los que los ciudadanos estaban expuestos con mayor frecuencia. Excluyeron de la lista los términos que pudieran utilizarse en contextos más científicos y los estrictamente matemáticos.

A partir de un listado inicial de 896 términos, los autores seleccionaron aquellos que aparecían con una frecuencia mayor del 5% en un promedio de 7 semanas. Los 31 términos resultantes ordenados de mayor a menor frecuencia son: Aluminio, Petróleo, Satélite, Luna, Energía Solar, Temperatura, Armas nucleares, Huracán, Rayo, Infección, Terremoto, Correo electrónico, *Watt* (Vatio), Nova, Fibra óptica, Bacteria, Ingeniería Genética, *World Wide Web*, Proteínas, Branquia, *CPU* (Microprocesador), Amianto, Rayos X, *Compact Disc* (Disco Compacto), Gramo, Vacunación, Flora, Azufre, Riego, Tornado y LSD. Los términos se convirtieron en los 31 ítems de su test, en donde se decantaron, para eliminar los sesgos de aleatoriedad y evitar respuestas difíciles de interpretar, por un formato en el cual se habría de rellenar un espacio en blanco con el concepto pertinente.

En cuanto a los estudios realizados en Latinoamérica cuya finalidad ha sido determinar el nivel de alfabetización científica (fuera de los parámetros de las pruebas PISA) destacaremos dos, uno llevado a cabo en Brasil y otro en Chile. En el primero (Nascimento-Schulze 2006), participaron 754 estudiantes de educación secundaria (17 años), a los que se administró el Test de Alfabetización Científica Básica de Laugksch y Spargo (1999) que, como ya hemos indicado, consta de 110 ítems de formato de respuesta “Verdadero o Falso”. El promedio de porcentaje de respuestas correctas fue del 36,5%. Es decir, los resultados indicaron un nivel de alfabetización científica bajo.

En el segundo estudio (Navarro y Förster, 2012), los autores diseñaron y validaron un cuestionario de alfabetización científica constituido por 20 ítems de opción múltiple relacionados con un texto extraído de un periódico, que los estudiantes leían antes de cumplimentarlo. Dicho cuestionario se elaboró tomando como base los cinco niveles establecidos en el modelo de Bybee (1996), a saber: analfabetismo científico, alfabetización científica nominal, alfabetización científica funcional y tecnológica, alfabetización científica conceptual y procedimental, y alfabetización científica multidimensional. La fiabilidad del cuestionario resultó ser aceptable (alfa de Cronbach 0,7). Intervinieron en el estudio 674 estudiantes de educación secundaria (15 años), de los cuales un 4% mostró estar en el primer nivel de alfabetización científica (analfabetismo científico), un 27% en el segundo nivel (alfabetización científica nominal), un 46% en el tercer nivel (alfabetización científica funcional y tecnológica), y un 23% en el cuarto nivel (alfabetización científica conceptual y procedimental). Además, no observaron diferencias significativas en el nivel de alfabetización científica

entre hombres y mujeres, pero sí que aparecieron diferencias significativas según el nivel socioeconómico de los estudiantes.

En los países ibéricos, cabe señalar que ni España ni Portugal salen bien parados en el trabajo de Miller (1998). En dicho trabajo se recoge un bajo porcentaje de adultos alfabetizados científicamente en ambos países. Por otro lado, en España, de acuerdo con Manassero y Vázquez (2002), las evaluaciones hechas al alumnado de secundaria y a su profesorado muestran carencias en algunas dimensiones de la alfabetización científica (en concreto, en la influencia de la sociedad en la ciencia y la tecnología, en la comprensión de la naturaleza de la ciencia y en el significado de la tecnología y su papel en relación con la ciencia). Además, según Manassero, Vázquez y Acevedo (2001), en las enseñanzas obligatorias, donde la población general debe adquirir capacidades y competencias básicas, no se dan oportunidades suficientemente explícitas para promover en el alumnado una alfabetización científica y tecnológica que sea más útil para su vida personal y social.

Planteamiento del problema y preguntas de investigación

Llegados a este punto, pensamos que es necesario determinar, dados los indicios poco esperanzadores, si realmente la educación secundaria está cumpliendo con la función que tiene encomendada en relación a la asimilación de conceptos básicos en la alfabetización científica de los ciudadanos en una sociedad democrática. En consecuencia, las preguntas a las que pretendemos dar respuesta, en primera aproximación, en este estudio exploratorio son:

- ¿Contribuye significativamente la educación secundaria a mejorar desde el punto de vista conceptual el nivel de alfabetización científica para que resulte aceptable?
- ¿Hay conceptos científicos que pueden considerarse básicos en la alfabetización científica que no acaban de asimilarse a lo largo de la educación secundaria?

Metodología

DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

Se trata de un diseño “no experimental” transversal de un factor, esto es, hay una única variable independiente: el nivel académico. Las variables depen-

dientes son la medida del nivel de alfabetización científica y la puntuación en los conceptos básicos (porcentaje de respuestas correctas en dichos conceptos)

SUJETOS PARTICIPANTES

Han participado 195 estudiantes de un centro educativo público de educación secundaria, de los cuales 134 son de Educación Secundaria Obligatoria (ESO, período obligatorio de escolarización en España de cuatro cursos, que va desde los 12 a los 16 años; en el 4º curso de la ESO los estudiantes pueden elegir entre un itinerario científico-tecnológico o uno humanístico-ciencias sociales), y 61 son de Bachillerato (período educativo no obligatorio en España en el que mayoritariamente los estudiantes se preparan para ir a la Universidad, es de dos cursos y va de los 16 a los 18 años; tiene cuatro modalidades: científico, científico-técnico, humanístico y ciencias sociales).

Nuestros estudiantes son de 2º, 3º y 4º de ESO; y de 1º y 2º de Bachillerato. De 4º de ESO (último curso de escolarización obligatoria), 12 cursan el itinerario de ciencias y 18 el de humanidades y ciencias sociales (en adelante, simplemente diremos *letras*); de 1º de Bachillerato, 11 cursan la modalidad de ciencias y 17 la de *letras*; y de 2º de Bachillerato, 13 cursan ciencias y 20 *letras*.

El centro se halla ubicado en una población rural cercana a una ciudad grande española (Valencia), y el perfil socioeconómico de las familias del alumnado es medio-bajo. Estos sujetos no parecen tener, a priori, características especiales que los diferencien de estudiantes de otros centros. No obstante, hemos de indicar que no se realizó muestreo aleatorio alguno, ya que se trató de una muestra de conveniencia. Por ello, los resultados no pueden ser extrapolados a toda la población estudiantil, esto es, no hay garantías de validez externa.

MATERIALES

Dada la sencillez de administración y corrección para los investigadores, como por la idoneidad para los estudiantes participantes en este estudio y para los objetivos perseguidos en esta investigación, el instrumento de medida de conceptos básicos en la alfabetización científica que se ha escogido es el test diseñado y validado por Brossard y Shanahan (2006). Como ya se ha dicho, es un test de 31 ítems basado en los conceptos científicos más frecuentes en los medios de comunicación de EEUU, en donde simplemente se ha de rellenar

un espacio en blanco con el concepto pertinente. La traducción al castellano del test la hemos llevado a cabo nosotros mismos y puede verse en el Anexo 1. En dicho test, más del 80% de los conceptos que en él aparecen se recogen explícitamente en el currículum de la ESO. Si nos extendemos hasta el Bachillerato, el porcentaje de conceptos en el currículum llegaría hasta el 94%.

PROCEDIMIENTO

Durante la primera semana del curso 2013/2014 se administró el test Brossard y Shanahan en el horario de clase habitual de cada uno de los grupos participantes. Al principio de la clase se les indicó que disponían de todo el período de clase para completarlo (50 minutos), aunque muchos acabaron antes de este período de tiempo. También se les explicó brevemente en qué consistía el test y cómo contestarlo.

Para la calificación del test se asignó 1 punto si la respuesta era la correcta, de acuerdo con las respuestas que aparecen en el Anexo 1, y 0 puntos si era incorrecta o aparecía la expresión “no sé”. El listado de respuestas correctas se elaboró tras la lectura y revisión de todos los tests recogidos en el estudio. Así pues, la puntuación máxima posible son 31 puntos. Posteriormente, normalizamos la calificación al intervalo 0-10 puntos (multiplicando el número de respuestas correctas por 10 y dividiendo por 31), con lo que la puntuación máxima pasó a ser 10 puntos.

Resultados

En la Tabla 1 se muestran las puntuaciones medias obtenidas por cada nivel académico en el test de alfabetización científica (con su desviación estándar) y el número de sujetos en cada nivel académico (en la ESO, 2º, 3º y 4º; y en el Bachillerato, 1º y 2º).

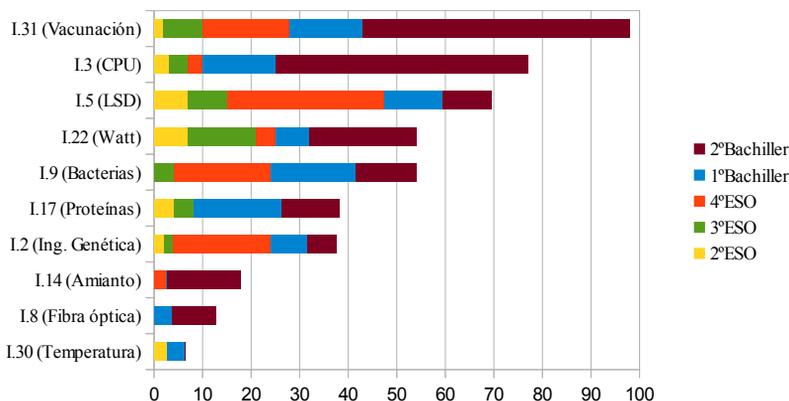
	2º ESO	3º ESO	4º ESO	1º BACH	2º BACH
Puntuación (S.D.)	2,5 (2,8)	2,6 (1,2)	3,3 (1,5)	4,0 (1,4)	5,2 (1,1)
Número de sujetos	55	49	30	28	33

Tabla 1. Puntuación media (desviación típica entre paréntesis) y número de sujetos para cada nivel académico.

Un análisis de varianza simple (ANOVA) nos permite afirmar que la variable nivel académico produce diferencias significativas en la puntuación del test de alfabetización científica: $F(4,190) = 26,47$, $p < 0,001$. Pruebas post-hoc ponen de manifiesto que las diferencias de puntuación entre 2º de Bachillerato y 2º, 3º y 4º de la ESO son significativas en un nivel de confianza superior al 99,9%. Sin embargo, si la comparación la hacemos entre 1º de Bachillerato y los de la ESO, sólo aparecen las diferencias significativas hasta 3º de ESO ($p < 0.01$), esto es, no hay diferencias significativas entre 4º de ESO y 1º de Bachillerato. Tampoco las hay entre 1º y 2º de Bachillerato, ni entre 4º de ESO y los otros cursos de ESO.

A continuación se ofrece en la Figura 1 la representación gráfica de los porcentajes acumulados de respuestas correctas en todos los niveles académicos en cada uno de los diez ítems que han resultado ser más difíciles (menor porcentaje de respuestas correctas). Hemos escogido estos ítems como referencia para evaluar cómo se ven afectados por el nivel académico.

Figura 1. Porcentajes acumulados de respuestas correctas en cada nivel académico en los diez ítems más difíciles (conceptos implicados entre paréntesis).



A partir de las tablas de contingencia correspondientes es posible aplicar la prueba χ^2 para determinar si la influencia de la variable nivel académico sobre el porcentaje de aciertos en cada ítem es estadísticamente significativa. Dicha prueba revela que en seis de los diez ítems el nivel académico tiene un efecto significativo, son los ítems 14, 2, 9, 5, 3 y 31 (cuyos valores de χ^2

con su significación para cuatro grados de libertad son: 15,3 $p < 0,01$; 14,7 $p < 0,01$; 15,9 $p < 0,01$; 18,8 $p < 0,01$; 18,6 $p < 0,001$ y 20,1 $p < 0,001$, respectivamente). En los ítems 30, 8, 17 y 22 el nivel académico no influye significativamente sobre el porcentaje de aciertos. Los conceptos implicados en dichos ítems son temperatura, fibra óptica, proteínas y *watt* (vatio). Por otra parte, destacar que solamente en dos ítems, 3 y 31, el porcentaje de respuestas correctas llega a superar el 50% al final de la educación secundaria, concretamente en 2º de Bachillerato.

Discusión

Como puede verse en la Tabla 1 hay un crecimiento exponencial de la puntuación en el test desde el primer nivel académico (2º ESO) hasta el último (2º de Bachillerato). El crecimiento de la puntuación es moderado durante la ESO (pasa de 2,5 en 2º a 3,3 en 4º, esto es crece 32%), pero el crecimiento es muy elevado en el tránsito de la ESO hasta el final del Bachillerato (pasa de un 3,3 en 4º de ESO a 5,2 en 2º de Bachillerato, lo que representa un crecimiento de 58%). De hecho se observan diferencias significativas de puntuación entre los estudiantes de 2º de Bachillerato y los de la ESO.

Además, la puntuación media al final de la ESO (3,3, es decir, se han contestado correctamente un tercio de los ítems del test) no se puede considerar que ponga de manifiesto un nivel de alfabetización científica aceptable. Solamente al llegar al nivel académico del final de Educación Secundaria Posobligatoria (2º de Bachillerato) podría decirse que la alfabetización científica alcanza un nivel admisible (se responden correctamente más de la mitad de los ítems). Por otra parte, llama la atención la gran dispersión que aparece en las puntuaciones en el primer nivel académico analizado (desviación estándar 2,8) en comparación con el último nivel académico (desviación estándar 1,1).

En relación con el análisis específico realizado en los ítems del test más difíciles (o de menor éxito), pensamos que se han de resaltar dos circunstancias. La primera, el bajo número de estudiantes capaces de responder adecuadamente a los ítems relacionados con conceptos que pueden ser considerados básicos para un ciudadano científicamente alfabetizado (estos conceptos son temperatura, fibra óptica, amianto, ingeniería genética, y proteínas, cuyos porcentajes acumulados de todos los niveles académicos no llega en ningún caso al 40%, según se observa en la Figura 2). La segunda, la escasa influencia que tienen los estudios de secundaria sobre la asimilación de algunos de estos conceptos

básicos (en concreto, los conceptos de temperatura, fibra óptica y proteínas). Esto último creemos que es especialmente relevante, y no debería ser pasado por alto por los que tienen alguna responsabilidad en la educación científica.

En realidad, las dificultades encontradas en la aprehensión de conceptos científicos en la educación secundaria son completamente coherentes con estudios (Lewis y Linn, 1994; Odom, 1995; Pedrancini, Corazza-Nunes, Bellanda, Rosas y De Carvalho, 2008; Westbrook y Marek, 1991) que han puesto de manifiesto que los estudiantes proporcionan explicaciones donde el uso de los conceptos científicos no se ajusta al aceptado por la comunidad científica. Según Vosniadu (2002), dichas explicaciones están basadas en esquemas de conocimiento que resultan de intentar organizar experiencias sensoriales, ideas previas y la información que reciben en la escuela.

Conclusiones e implicaciones

En primer lugar, debemos señalar las limitaciones de este estudio exploratorio. La principal de estas limitaciones se deriva de la naturaleza y tamaño de la muestra (téngase en cuenta que se ha efectuado un muestreo de conveniencia y ha participado un solo centro educativo). Otra limitación tiene su origen en el instrumento utilizado para medir el nivel de alfabetización científica, el test de Brossard y Shanahan (2006), que recordemos sólo mide una parte de conjunto de dimensiones que integran la alfabetización científica y está basado en los conceptos científicos que más aparecen en los medios de comunicación. Por todo ello, los resultados y las conclusiones de este estudio solamente pueden servir como primera aproximación.

Teniendo presentes las limitaciones citadas, estamos en condiciones de responder a las preguntas planteadas en nuestro trabajo. Respecto de la primera pregunta, hemos visto que a lo largo de la educación secundaria se mejora notablemente la alfabetización científica, especialmente en la etapa posobligatoria. Sin embargo, no se puede soslayar que al final de la educación obligatoria el nivel de alfabetización científica no se puede considerar aceptable. Únicamente al final de la educación posobligatoria dicho nivel alcanza valores más razonables. Y esto debería ser una clara señal de alarma, ya que con estos niveles de alfabetización científica no podemos esperar que los estudiantes que sólo cursan la ESO puedan llegar a ser ciudadanos socialmente responsables, capaces de tomar decisiones fundamentadas, y con una formación que les permita implicarse como auténticos *activistas ilustrados* en

problemas sociales, económicos y medioambientales (Gil y Vilches, 2006). Tampoco podemos esperar que estén en las mejores condiciones para participar en los cambios de la denominada sociedad del conocimiento (Aikenhead, Orpwood y Fensham, 2011).

Se ha visto también que las diferencias en el nivel de alfabetización científica al final de la educación secundaria obligatoria y la posobligatoria son estadísticamente significativas. Parece que el período de formación de dos cursos académicos a partir de los 16 años resulta decisivo para alcanzar un estadio de alfabetización científica suficiente. Sin embargo, de este estudio no puede concluirse que esta mejora en la alfabetización científica sea consecuencia sólo de la formación académica recibida en el centro educativo.

En cuanto a nuestra segunda pregunta de investigación, parece que de los datos recogidos en este estudio exploratorio se puede concluir que, efectivamente, hay conceptos que son básicos en la alfabetización científica que no acaban de asimilarse a lo largo de la educación secundaria e incluso su índice de asimilación (o porcentaje de estudiantes que los asimila) no se ve afectado por la formación académica a lo largo de esos años.

En opinión de Navarro y Förster (2012), entre los factores que permiten explicar los bajos niveles de alfabetización científica pueden apuntarse:

- Programas escolares sobrecargados, marcados por su escaso poder de atracción para los estudiantes.
- Una forma de enseñanza elitista, orientada a la formación de estudiantes que irán a la Universidad.
- Una enseñanza atomizada del conocimiento y desprovista de su contexto histórico, social y cultural
- Profesores de ciencias que se resisten a orientar la enseñanza de su disciplina a las necesidades de los ciudadanos.

Por otro lado, Díaz y García (2011) creen que el poco éxito de las medidas educativas adoptadas en Iberoamérica sobre los niveles alfabetización científica se debe a que se encuentran muy vinculadas al paradigma de alfabetización científica dominante. Como evidencian las autoras, en dicho paradigma siguen predominando los esquemas de enseñanza tradicionales, la compartimentación de los hechos y los valores, la separación entre la clase de ciencias y las de humanidades o ciencias sociales; esto es, la división del conocimiento en culturas diferentes entre sí. Finalmente, estas investigadoras

proponen la incorporación en los ámbitos educativos de una concepción de la cultura científica que no se centre únicamente en el componente alfabetizador y las potencialidades de la ciencia, sino que atienda también a los aspectos actitudinales y comportamentales. Además debe mostrar tanto la utilidad de una formación científica básica a la hora de tomar muchas decisiones cotidianas, como las incertidumbres, riesgos y cuestiones éticas inherentes a la construcción del conocimiento científico.

En otro orden de cosas, no se puede obviar que existe una visión deformada de la ciencia que tiende a asociarla a un cuerpo de conocimientos que describen el mundo que nos rodea y en donde hay poco margen para la creatividad, la duda o el error (Gil, Fernández y Carrascosa, 2001). Por ello, no es de extrañar que lo que se entiende habitualmente por cultura científica (y por asimilación alfabetización científica) se limita a los conocimientos básicos que dan respuestas apropiadas a determinadas preguntas, pero descuidan los aspectos relevantes del proceso de construcción y transferencia de dichos conocimientos (Díaz y García, 2011) y las dimensiones morales y éticas de la toma de decisiones en las cuestiones donde interaccionan sociedad y ciencia (Sadler, 2004).

Por último, subrayar que los frentes que se pueden abrir para atacar el problema de la alfabetización científica durante la escolarización obligatoria pueden ser: dirigir la orientación curricular en las áreas científicas hacia temas científicos candentes (a saber, con un enfoque Ciencia-Técnica-Sociedad), y orientar la metodología en el aula hacia la interdisciplinaridad, la comprensión y la investigación en equipo (Membiela, 2001). Pero, por encima de todo, deben estar presentes en el aula de ciencias los valores culturales y sociales de la ciencia, el conocimiento de la naturaleza de la ciencia, y el desarrollo de habilidades y valores apropiados para la formación de ciudadanos responsables (Holbrook y Rannikmae, 2009).

Referencias

- ACEVEDO, J. A., VÁZQUEZ A., & MANASSERO, M. A.. (2003). Papel de la educación CTS en una alfabetización científica y tecnológica para todas las personas. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 2(2), 80-111.
- AIKENHEAD, G. (2003). STS education: A rose by any other name. En R. Cross (Ed.), *Celebrating and critiquing the vision of Peter J. Fensham* (pp. 59-75). Londres: Routledge Press.

- AIKENHEAD, G., ORPWOOD, G., & FENSHAM, P. (2011). Scientific literacy for a knowledge society. En C. Linder, L. Ostman, D. Roberts, P.-O. Wickman, G. Erickson y A. MacKinnon (Eds.), *Exploring the landscape of scientific literacy* (pp. 28-44). Nueva York: Routledge, Taylor and Francis Group.
- BROSSARD, D., & SHANAHAN, J. (2006). Do They Know What They Read? Building a Scientific Literacy Measurement Instrument Based on Science Media Coverage. *Science Communication*, 28(1), 47-63.
- BYBEE, R. (1997). *Achieving scientific literacy: From purposes to practices*. Portsmouth, NH: Heinemann.
- DÍAZ, I., & GARCÍA, M. (2011). Más allá del paradigma de la alfabetización. La adquisición de cultura científica como reto educativo. *Formación Universitaria*, 4(2), 3-14.
- DURANT, J. (1994). What is scientific literacy? *European Review*, 2(1), 83-89.
- DURANT, J., EVANS, G., & THOMAS, G. (1989). The Public Understanding of Science. *Nature*, 340, 11-14.
- FENSHAM, P. (1985). Science for all: A reflective essay. *Journal of Curriculum Studies*, 17(4), 415-435.
- FOUREZ, G. (1997). Scientific and technological literacy. *Social Studies of Science*, 27(6), 903-936.
- GIL, D., FERNÁNDEZ, I., & CARRASCOSA, J. (2001). Hacia una imagen no deformada de la actividad científica. *Éndoxa: Series Filosóficas*, 14, 227-260.
- GIL, D., & VILCHES, A. (2006). Educación ciudadana y alfabetización científica. Mitos y realidades. *Revista Iberoamericana de Educación*, 42, 31-53.
- HARLEN, W. (2002). Evaluar la alfabetización científica en el programa de la OECD para la evaluación internacional de estudiantes (PISA). *Enseñanza de las ciencias*, 20 (2), 209-216.
- HOLBROOK, J., & RANNIKMÄE, M. (2007). Nature of science education for enhancing scientific literacy. *International Journal of Science Education*, 29(11), 1347-1362.
- HOLBROOK, J., & RANNIKMÄE, M. (2009). The meaning of scientific literacy. *International Journal of Environmental & Science Education*, 4(3), 275-288.
- HURD, P. D. (1958). Science literacy: Its meaning for American schools. *Educational Leadership*, 16(6), 13-16.
- LAUGKSCH, R. (2000). Scientific literacy: a conceptual overview. *Science Education*, 84(1), 71-94.
- LAUGKSCH, R., & SPARGO, P. (1996). Construction of paper-and-pencil Test of Basic Scientific Literacy based on selected literacy goals recommended by the American Association for the Advancement of Science. *Public Understanding of Science*, 5(4), 331-359.
- LAUGKSCH, R., & SPARGO, P. (1999). Scientific literacy of selected South African matriculants entering tertiary education: a baseline survey. *South African Journal*

- of Science*, 95 (10), 427-432.
- LEWIS, E. L., & LINN, M. C. (1994). Heat energy and temperature concepts of adolescents, adults, and experts: Implications for curricular improvements. *Journal of Research in Science Teaching*, 31(6), 657-677.
- MANASSERO, M. A., & VÁZQUEZ, A. (2002). Instrumentos y métodos para la evaluación de las actitudes relacionadas con la ciencia, la tecnología y la sociedad. *Enseñanza de las Ciencias*, 20(1), 15-27.
- MANASSERO, M. A., VÁZQUEZ, A., & ACEVEDO, J. A. (2001). *Avaluació dels temes de ciència, tecnologia i societat*, Palma de Mallorca: Conselleria d'Educació i Cultura del Govern de les Illes Balears.
- MEMBIELA, P. (2001). *Enseñanza de las Ciencias desde la perspectiva Ciencia-Tecnología-Sociedad*. Madrid: Narcea.
- MILLER, J. (1998). The measurement of civic scientific literacy. *Public Understanding of Science*, 7 (3), 203-223.
- NASCIMIENTO-SCHULZE, C. M. (2006). Um estudo sobre alfabetização científica com jovens catarinenses. *Psicologia: Teoria e Prática*, 8(1), 95-106.
- NAVARRO, M., & FÖRSTER, C. (2012). Nivel de alfabetización científica y actitudes hacia la ciencia en estudiantes de secundaria: comparaciones por sexo y nivel socioeconómico. *Pensamiento Educativo. Revista de Investigación Educativa Latinoamericana*, 49(1), 1-17.
- OCDE (2009), *PISA 2009. Assessment framework key competences in reading, mathematics and science*. París: OCDE.
- ODOM, A. L. (1995). Secondary and College biology students' misconceptions about diffusion and osmosis. *The American Biology Teacher*, 57(7), 409-415.
- PEDRANCINI, V. D., CORAZZA-NUNES, M. J., BELLANDA, M. T., ROSAS, A. L. O., & DE CARVALHO, W. M. (2008). Saber científico e conhecimento espontâneo: opiniões de alunos do ensino médio sobre transgênicos. *Ciência & Educação*, 14(1), 135-146.
- SADLER, T. (2004). Moral and ethical dimensions of socioscientific decision-making as integral components of scientific literacy. *The Science Educator*, 13(1), 39-48.
- SHEN, B. (1975). Science literacy: Public understanding of science is becoming vitally needed in developing and industrialized countries alike. *American Scientist*, 63(3), 265-268.
- VOSNIADOU, S. (2002). On the nature of naïve physics. En M. Limon y L. Mason (Eds.), *Reconsidering the Processes of Conceptual Change* (pp. 61-76). Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.
- WESTBROOK, S. L., & MAREK, E. A. (1991). A cross-age study of student understanding of the concept of diffusion. *Journal of Research in Science Teaching*, 28(8), 649-660.

ANEXO 1. TEST DE BROSSARD Y SHANAHAN CON LAS RESPUESTAS QUE HEMOS CONSIDERADO CORRECTAS ENTRE CORCHETES

1. Una estrella que durante un periodo de solo unos pocos días se vuelve 100-1000 veces más brillante de lo que era, se denomina una [NOVA/SUPERNOVA].
2. [INGENIERÍA/MODIFICACIÓN GENÉTICA] es la técnica utilizada para alterar los caracteres de un organismo mediante la inserción de genes de otro organismo en su ADN.
3. El dispositivo que es la unidad central de procesamiento de la mayoría de los ordenadores personales más pequeños se llama [CPU/MICROPROCESADOR].
4. Un disco de 120 mm en el cual hay una grabación digital de información sonora, que proporciona una reproducción de alta calidad de música, voz, etc..., se llama [CD/COMPACT DISC].
5. El [LSD] es un derivado químico del ácido lisérgico que tiene propiedades alucinógenas potentes.
6. Una [BRANQUIA] es el órgano respiratorio usado por los animales acuáticos para obtener oxígeno del agua circundante.
7. El [ALUMINIO/Al] es un elemento metálico brillante de color blanco plateado que es altamente reactivo, ligero, fuerte (cuando es una aleación), corrosivo, resistente y conductor eléctrico. Estas características lo hacen adecuado para una variedad de usos, incluyendo la construcción de vehículos y aeronaves, la edificación y el tendido eléctrico aéreo.
8. Los sistemas de [FIBRA ÓPTICA] utilizan hilos que conducen la luz para transmitir información en forma de impulsos codificados o imágenes fragmentadas, desde una fuente a un receptor.
9. El grupo diverso de microorganismos que constan de una única célula que carece de distinta membrana nuclear y tienen una pared celular de composición única se conocen como [BACTERIAS].
10. La invasión de cualquier organismo vivo por microorganismos causantes de enfermedades que se establecen, multiplican y producen síntomas variados en su huésped se conoce como [INFECCIÓN].
11. El suministro de agua para cultivos por métodos artificiales, por ejemplo mediante la construcción de sistemas de tuberías, acequias y canales se

llama [RIEGO].

12. Un movimiento repentino o una fractura en la litosfera de la Tierra que causa una serie de temblores se denomina un [TERREMOTO]. Puede variar desde un ligero temblor a un movimiento de la Tierra a gran escala, causando grandes daños sobre un área amplia.
13. Un ciclón tropical con vientos en superficie superiores a 120 km/h y que normalmente ocurren en el Océano Atlántico Norte, Mar del Caribe o el Golfo de México es un [HURACÁN].
14. Es un mineral fibroso que tenía un amplio uso comercial por su resistencia al calor, su inactividad química y su elevada resistencia eléctrica. Las fibras pueden ser hiladas y tejidas en tela antiincendios para usar en ropa y cortinas protectoras, o también moldeadas en bloques. En 1970 se descubrió que la fibra corta de este mineral puede causar trastornos pulmonares graves, lo que ha limitado su uso. Este mineral es [ASBESTO/AMIANTO].
15. El único satélite natural de la Tierra es la [LUNA].
16. Toda la vida vegetal presente en un hábitat y momento determinado constituye la [FLORA/VEGETACIÓN] de ese hábitat.
17. Las [PROTEÍNAS] constituyen un amplio grupo de componentes orgánicos encontrados en todos los organismos vivos. Están compuestas de carbón, hidrógeno, oxígeno y nitrógeno y la mayoría también contienen azufre. Sus moléculas consisten en una o varias largas cadenas de aminoácidos unidas en una secuencia característica.
18. Las armas con las que se causa una explosión mediante fisión o fusión nuclear, o una combinación de ambas son llamadas [ARMAS/BOMBAS NUCLEARES].
19. Una columna de aire que gira violentamente, visible generalmente como una nube en forma de embudo, que puede alcanzar la superficie de la tierra, se llama [TORNADO].
20. El [RAYO] es una descarga eléctrica luminosa de elevada energía que puede pasar entre una nube cargada y un punto sobre la superficie de la Tierra, entre dos nubes cargadas o entre capas con cargas opuestas de la misma nube.
21. El elemento no metálico amarillo, cuyo símbolo en la tabla periódica de los elementos es S, es el [AZUFRE].

22. La unidad de potencia del “Sistema Internacional” (SI), definida como una energía de un Julio (Joule) por segundo es el [VATIO/WATT/W], ampliamente utilizado en contextos eléctricos.
23. La [WORLD WIDE WEB/RED] es un servicio de información basado en ordenadores. Es un sistema hipermmedia distribuido en un amplio número de ordenadores que permiten a los usuarios ver y obtener información de documentos que contienen enlaces.
24. Las personas usan el [CORREO ELECTRÓNICO] para enviar mensajes, documentos, etc..., entre sistemas informáticos.
25. La milésima parte de un kilogramo es un [GRAMO/g].
26. El [PETRÓLEO] es una mezcla natural que se compone principalmente de hidrocarburos. En su forma no refinada se conoce como crudo.
27. Los [RAYOS X] son radiaciones electromagnéticas de longitud de onda corta. Son usados en medicina e industria para examinar estructuras internas.
28. Un cuerpo natural relativamente pequeño que orbita alrededor de un planeta o una nave espacial hecha por el hombre que da vueltas alrededor de la Tierra, el Sol, la Luna o un planeta se llama [SATÉLITE].
29. La energía electromagnética radiada desde el Sol se llama [ENERGIA SOLAR].
30. La propiedad de un cuerpo (o de una región del espacio) que determina si habrá o no un flujo neto de calor desde este cuerpo hacia otro cuerpo (o una región del espacio vecina) o al contrario, se llama [TEMPERATURA].
31. La producción de inmunidad en un individuo a través de medios artificiales se denomina [VACUNACIÓN].