

LA ENSEÑANZA DE CULTURA CIENTÍFICA EN LA ESCUELA

¿Por qué falla?, ¿cómo mejorar?

FELIPE MARTÍNEZ RIZO

Resumen:

Este trabajo parte de que la enseñanza de ciencias debe ser parte del currículo en todo sistema educativo, que su propósito no debe ser iniciar la preparación de científicos(as), sino alfabetizar en ciencias a todas y todos los ciudadanos, y de que la escuela no ha podido cumplir ese propósito, que permita tomar decisiones informadas en cuestiones que involucren a la ciencia. Se precisa la noción de cultura o alfabetización científica; se explica cómo se ha intentado medir; se sintetizan los resultados de mediciones en varios países; y se da información sobre la cultura científica de docentes mexicanos de educación básica. En la conclusión se reflexiona sobre la razón del fracaso de la enseñanza de ciencias para que todo ciudadano tenga una sólida cultura científica, y lo que se debería hacer para mejorar esa enseñanza.

Abstract:

The starting point of this study is that science teaching should be part of the curriculum in every educational system, that its purpose should be to provide scientific literacy to all citizens rather than to educate scientists, and that schools have not reached the goal of preparing citizens for making informed decisions involving science. The notion of scientific literacy or culture is defined; attempts to measure such literacy are explained; the measurement results of several countries are summarized; and information on the scientific culture of Mexico's elementary teachers is shared. The conclusion reflects on the reason science teaching has failed in ensuring a solid scientific culture for all citizens, and prescribes actions for improving science teaching.

Palabras clave: cultura científica; alfabetización científica; educación básica; enseñanza de las ciencias.

Keywords: science culture; scientific literacy; elementary education; science teaching.

Felipe Martínez Rizo: investigador jubilado, Universidad Autónoma de Aguascalientes. Aguascalientes, México.
CE: felipe.martinez.rizo@gmail.com

Introducción

El peso de la ciencia y la tecnología en las sociedades del conocimiento hace que hoy se reconozca que la enseñanza de Ciencias Naturales (CN) debe ser parte del currículo en todo sistema educativo, pues los ciudadanos y ciudadanas¹ necesitan cultura científica para participar en asuntos que afectan a todos e involucran a las ciencias.

Algunos programas de educación superior buscan preparar científicos o ingenieros, pero no siempre es claro el propósito que debe perseguir la enseñanza de CN en educación básica. Se puede iniciar la preparación de futuros científicos, o bien, dar una cultura general en ciencias naturales o alfabetización científica a todo futuro ciudadano. Los documentos oficiales suelen combinar ambos objetivos, considerando que hay que iniciar la preparación de científicos, pero también que se debe dar esa alfabetización a todos los alumnos, y se acepta que en educación básica debe prevalecer el segundo propósito, ya que pocos egresados seguirán carreras profesionales de ciencias, pero todos necesitarán ser usuarios informados de los conocimientos científicos. Así lo señala el marco de referencia de las pruebas de ciencias del Programa para la Evaluación Internacional de Estudiantes (PISA, por sus siglas en inglés) de la Organización para Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE):

El pensamiento actual sobre los resultados deseados de la educación científica tiene firmes raíces en la creencia de que la comprensión de la ciencia es tan importante que debería ser una característica de la educación de todos los jóvenes... en muchos países la ciencia es elemento obligatorio de programas escolares de preescolar al fin de la enseñanza obligatoria (OCDE, 2016:18).

Sin embargo, hay fundamento para conjeturar que la enseñanza de ciencias que se ha dado a los futuros ciudadanos no ha podido cumplir con el propósito de formar esa cultura científica que permita tomar decisiones informadas en cuestiones en las que están involucrados estos conocimientos. Los movimientos antivacunas que proliferan en muchos países en el contexto de la pandemia de la COVID-19 son una muestra notable de esto, como lo son otros fenómenos extendidos, como el éxito de medicinas alternativas y dietas milagro, la consulta masiva de horóscopos, cierto tipo de ambientalismo buenista o el rechazo tajante y sin sustento de la energía nuclear como una de las opciones limpias.

Parece, pues, que el loable propósito de desarrollar en los futuros ciudadanos una sólida cultura o alfabetización científica no está siendo alcanzado, no solo en países que tienen sistemas educativos precarios, sino en los más desarrollados. Además, no siempre es claro en qué debe consistir esa alfabetización en ciencias, lo que, en consecuencia, dificulta el desarrollo de un currículo.

Este ensayo comienza precisando la noción de cultura o alfabetización científica; en seguida muestra alcances y límites de los esfuerzos que se han hecho para medir el grado en que está presente en una población; luego sintetiza los resultados de las mediciones hechas en varios países, incluyendo a México; finalmente, ofrece información sobre la cultura científica de docentes mexicanos de educación básica, aprovechando una sencilla exploración sobre ese tema.

En la conclusión se reflexiona sobre lo que lo anterior dice respecto de la razón del fracaso de la enseñanza de CN para que todo futuro ciudadano tenga una sólida cultura científica y sobre lo que se debería hacer para mejorar esa enseñanza.

Noción de cultura o alfabetización científica

La devastación producida por las bombas atómicas en Hiroshima y Nagasaki, al fin de la segunda Guerra Mundial, hizo pensar que el trabajo científico debe someterse a controles que, en democracia, incluyan la participación no solo de especialistas, sino de todos los ciudadanos, cuya formación les haya dado una comprensión general de las ciencias y su potencial positivo y destructivo (Conant, 1947).

Luego las ideas sobre enseñanza de ciencias naturales avanzaron, con la revolución detonada en 1957 y con el lanzamiento del primer satélite artificial por la Unión Soviética se llegó a un currículo que promoviera vocaciones de científicos y pusiera las bases de una buena formación científica desde educación básica (American Association for the Advancement of Science, 1993). En las décadas de 1970 y 1980 se advirtió el escaso impacto de esa revolución en las aulas, y nació otra, marcada por temas del medio ambiente y el cuestionamiento del positivismo. Se privilegió formar *cultura científica* (ciencia-tecnología-sociedad, ciencia para todos, alfabetización científica) y no preparar élites para investigar (National Research Council, 1996, 2012).

La expresión *cultura científica* se usa como equivalente de *alfabetización científica*, que traduce las fórmulas en inglés *science literacy* o *scientific literacy*, que surgieron en 1958, en dos artículos independientes, en un intento por expresar:

[...] la disposición y el conocimiento necesarios para involucrarse en temas de ciencia, tanto en la vida personal como en el marco de cuestiones cívicas suscitadas por el uso de la ciencia y la tecnología... [ante] la necesidad de que el público no fuera ajeno a los dilemas morales y políticos que plantean los avances científicos y tecnológicos... el término alfabetización científica se usaba para argumentar a favor de enseñar ciencias “al 90% de todos los trabajadores que no eran potencialmente científicos”... (Snow y Dibner, 2016:26-27).

Con base en una amplia revisión de literatura, Roberts (2007, 2011) dice que hay dos formas de entender la noción: la *visión I* centra la atención en la ciencia misma como disciplina, con ciertos procesos, productos y características; la *visión II* abre la perspectiva para incluir otras dimensiones de la vida en las que la ciencia desempeña un papel importante. Airey y Cedric (2011) distinguen las dos visiones diciendo que la primera considera la capacidad para trabajar en la ciencia, en tanto que la segunda enfatiza la capacidad de aplicar la ciencia en la sociedad.

Martins afirma que, más allá de un aparente consenso, la noción de *scientific literacy* es muy discutida en el campo de educación en ciencias, lo que muestra su carácter polisémico. Citando a Roberts (2007), esta autora señala que dicha alfabetización se puede ver “como objetivo de enseñanza, como meta de aprendizaje, como marco para el desarrollo del currículo, como referente para evaluar la comprensión que tiene la gente de la ciencia, y como tema de investigación” (Martins, 2011:90).

Según Snow y Dibner (2016:27-28), la noción se hizo cada vez más compleja, lo que llevó a Roberts (2007:737) a afirmar que llegó a ser “un paraguas, con sentido suficientemente amplio para denotar todo y, a la vez, nada específico, sobre la educación en ciencias y la competencia que pretende describir”. En opinión de DeBoer (2000:594), lo único que todo mundo comparte sobre la alfabetización científica es que se trata de “una comprensión general y funcional de la ciencia que sirve para la educación general, pero no prepara para carreras científicas o técnicas”.

Lo anterior no impide que la noción tenga un papel destacado en la política educativa. La usaron las propuestas estadounidenses para reformar la educación en ciencias en la década de 1960 y los esfuerzos de los años 1990 a los que se hizo alusión antes (American Association for the Advancement of Science, 1993; National Research Council, 1996); la propuesta de *Next*

Generation Science Standards usa la noción con otras palabras (National Research Council, 2012).

El marco de las pruebas PISA define a la persona científicamente alfabetizada que se quiere formar como aquella que tiene tres competencias particulares: explicar fenómenos científicamente, diseñar investigación e interpretar datos y evidencias, y añade que para dominarlas es necesario manejar conocimientos de los contenidos, de los procedimientos y epistémico, además de tener en cuenta los contextos y de cultivar actitudes adecuadas hacia la ciencia (OCDE, 2016:20-23).

Medición de la cultura científica

Las varias dimensiones de la noción de alfabetización o cultura científica dificultan su estudio. Después de revisar varias definiciones, Snow y Dibner (2016:36) discuten cómo estudiar el concepto empíricamente y dicen que la medición “no ha avanzado al mismo paso que las definiciones”, con el resultado de que “hay que enfrentar un concepto que aún no puede ser plenamente evaluado”.

El primer intento por medir empíricamente conocimiento básico de temas científicos se hizo en Estados Unidos en 1957, poco antes del Sputnik. Se usaron cuatro ítems de temas entonces relevantes, pero que dos o tres décadas más tarde perdieron interés: lluvia radiactiva, potabilización del agua con flúor, vacuna anti-poliomielitis y satélites artificiales. Esto mostró que debían buscarse formas de medir el constructo que trataran de ideas centrales de las CN y mantuvieran su actualidad a lo largo del tiempo. En Estados Unidos, Miller (1998:206-207) desarrolló un instrumento para la *National Science Foundation* y en el Reino Unido, Durant, Evans y Thomas (1989) elaboraron la *Oxford Scale of Scientific Knowledge*. Desde entonces, en varios países se han utilizado, con ligeras adaptaciones, ítems de respuesta cerrada (falso/verdadero) de esos instrumentos. Desde la década de 1980 Estados Unidos y los países de la Unión Europea, que eran solo 12, han hecho encuestas utilizando esos ítems, y luego fueron otros países como Rusia, China, Japón, Corea del Sur y la India (Snow y Dibner, 2016:36-37 y tabla 3.1, pp. 50-51).

Se reconoce que estos ítems solo distinguen a personas con nivel de conocimiento bajo, pero no identifican a las de conocimientos medios o avanzados, ya que solo miden un nivel elemental y no una comprensión más profunda de las nociones de que se trate, para lo que serían necesarias

preguntas abiertas de mayor dificultad cuya aplicación llevaría un tiempo mayor al que se puede manejar con una muestra grande y que requerirían una compleja codificación *a posteriori*. A las ventajas de facilidad de aplicación y posibilidad de comparaciones internacionales de los ítems de respuesta cerrada se añade la razonable consideración de que, si una persona no tiene siquiera los conocimientos básicos que dichos ítems pueden medir, muy probablemente tampoco tendrá comprensiones más profundas.

Además, trabajos de validación de la escala realizados por Miller (1998), con análisis factorial y Teoría de Respuesta al ítem han mostrado consistencia en las comparaciones y coincidencia en las dimensiones medidas. En Estados Unidos se advirtió que dos ítems del conjunto original medían religiosidad y no alfabetismo científico, lo que hizo que a partir de la aplicación de 2010 se dejaran de usar en la comparación internacional (Snow y Dibner, 2016:40).

Los esfuerzos para medir alfabetización científica usan encuestas de opinión como las mencionadas, y no parece haber muchos estudios que exploren comprensiones complejas. Otros trabajos estudian la *naturaleza de la ciencia*, las diferencias entre ciencia, pseudociencia y conocimiento de sentido común, los procedimientos que se usan en investigación, las actitudes hacia la ciencia, la imagen de los científicos y la confianza que inspiran y opiniones sobre sus implicaciones éticas. Proyectos como el *Science & Engineering Indicators* (National Science Board, 2012), de Estados Unidos, o el *Eurobarómetro* (European Commission, 2013), incluyen esos aspectos, pero hay además trabajos de IPSOS-MORI (2011), la Fundación BBVA (2015) (*estudio internacional sobre cultura científica*) y empresas como 3M (2021) (*State of Science Index*).

Las evaluaciones como el Estudio de las Tendencias en Matemáticas y Ciencias (TIMSS, por sus siglas en inglés) y PISA son otra forma de medir cultura científica que busca no limitarse a lo más elemental, sino que incluye conocimientos más complejos, sea a partir de los elementos comunes de los currículo de los países participantes, sea con base en competencias necesarias para una vida plena en la sociedad actual.

Mediciones de cultura científica en varios países

La tabla 1 sintetiza respuestas a los ítems mencionados, obtenidas con encuestas por muestreo, en la fecha que se indica, en varios países y la Unión Europea (UE).

TABLA 1

Conocimientos de la población en varios países y fechas

Ítems	EUA 2014	UE 2005	Can. 2013	Esp. 2014	Jap. 2011	China 2010	Corea 2004	Rusia 2003	India 2004
El centro de la Tierra es muy caliente (V)	84	86	93	90	84	56	87	—	57
Los continentes se movieron y seguirán moviéndose (V)	82	87	91	87	89	50	87	40	32
La Tierra gira alrededor del Sol (V)	76	66	87	—	—	—	86	—	70
Toda la radioactividad es producida por el hombre (F)	72	59	72	60	64	48	48	35	—
Un gen del padre decide el sexo de un bebé (V)	59	64	—	47	26	58	59	22	38
Los antibióticos destruyen tanto bacterias como virus (F)	55	46	53	47	—	28	30	18	39
Los electrones son más pequeños que los átomos (V)	51	46	58	30	28	27	46	44	30
El rayo láser trabaja por el enfoque de ondas sonoras (F)	50	—	53	—	26	23	31	24	—
El universo comenzó con una gran explosión (V)	42	—	68	—	63	22	67	35	34
Humanos proceden de otras especies por evolución (V)	49	70	74	84	78	66	64	44	56
Los primeros humanos y los dinosaurios coexistieron (F)	—	66	—	70	—	—	—	—	—

Fuente: National Science Board, 2016, en Snow y Dibner, 2016, tabla 3-2, pp. 52-53.

Los renglones se presentan en orden descendente según los porcentajes de la primera columna; las letras V o F indican si la aseveración del ítem es verdadera o falsa. Los tres últimos renglones contienen ítems que pueden dar lugar a respuestas que tienen que ver más con la religiosidad de los sujetos que con sus conocimientos. Las cifras son el porcentaje (sin

decimales) de las respuestas correctas dadas por los sujetos de la muestra de cada país a cada ítem.

Es clara la diferencia entre los primeros y los últimos ítems, y entre países más o menos desarrollados; las cifras de la Unión Europea ocultan grandes diferencias entre países como Alemania o Dinamarca, frente a Portugal y Grecia. Incluso en los países con mejores resultados, el porcentaje de respuestas correctas ronda solo 50% para ideas relativamente recientes, pero bien establecidas, como las del papel de los genes del padre en la definición del sexo de un bebé, el papel de los antibióticos, el tamaño de los electrones o los rayos láser. Es posible que las diferencias tengan que ver con la cobertura de esos temas por los currículo de los diversos países. Más llamativo es que el porcentaje esté lejos del cien por ciento en relación con una idea tan sólida como que la Tierra gira alrededor del Sol.

Sobre los últimos renglones, la religiosidad posiblemente explica la diferencia, por ejemplo, entre la proporción de personas que aceptan o rechazan la teoría de la evolución en Estados Unidos, frente a otros países desarrollados.

En México, en 1997 el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (Conacyt) levantó la primera *Encuesta sobre la Percepción Pública de la Ciencia y la Tecnología* (Enpecyt); a partir de 2001, el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (Inegi, 2005, 2017) ha hecho cada dos años encuestas similares, con muestras de 3,200 sujetos, 100 por entidad, solamente de áreas urbanas. Se aplica un extenso cuestionario sobre concepción de la ciencia, credibilidad de los científicos, interés por carreras de ciencias, lectura de revistas científicas, visita a museos, etcétera, incluyendo 20 ítems que han variado poco de 2001 a 2019 y comprende los usados en las encuestas del inciso anterior.

La tabla 2 presenta el porcentaje de respuestas corrientes dadas a varios de esos ítems en la Enpecyt de 2005 y en la de 2017.

Una exploración de la cultura científica de docentes mexicanos

En 2017 un diplomado sobre enseñanza de ciencias para docentes de educación básica aplicó un instrumento para explorar conocimientos y concepciones del ámbito de las ciencias. Respondieron 74 docentes el cuestionario.

TABLA 2

Conocimientos de la población de México

Ítems	México 2005	México 2017
El centro de la Tierra es muy caliente (V)	84	88
Los continentes se movieron y seguirán moviéndose (V)	56	—
La Tierra da vuelta al Sol en un mes (V)*	62	65
Toda la radioactividad es producida por el hombre (F)	49	48
Un gen del padre decide el sexo de un bebé (V)	59	60
Los antibióticos destruyen tanto bacterias como virus (F)	17	19
Los electrones son más chicos que los átomos (V)	49	40
El rayo láser trabaja por el enfoque de ondas sonoras (F)	34	31
El universo comenzó con una gran explosión (V)	72	59
Humanos proceden de otras especies por evolución (V)	60	58
Los primeros humanos y los dinosaurios coexistieron (F)	46	58

*Adviértase que el ítem en México añade "en un mes".

Fuente: Inegi 2005; Inegi 2017.

Conocimiento de ideas científicas y no científicas

Se pidió a los participantes expresar su opinión sobre 15 frases, en una escala de cinco posiciones, según que la idea expresada fuera científicamente: *Segura, Sólida, Con algún fundamento, Poco probable o Descartada*. El instrumento tiene 15 pares de frases sobre ciencia o tecnología. Cada par se refiere a un tema; una de las dos expresa una idea considerada sólida por la ciencia, y la otra la idea contraria, que la ciencia descarta. En las frases con número impar va primero la idea sólida (A), y en las de número par aparece primero la idea descartada por la ciencia (B) (tabla 3).

TABLA 3

Ítems de opinión sobre solidez de ideas científicas y no científicas

1A La Tierra gira sobre su propio eje y alrededor del Sol
1B Sol, Luna y estrellas giran alrededor de la Tierra
2B La Tierra tiene unos 6,000 años de existencia
2A La Tierra tiene unos 4,500 millones de años de existencia
3A Los continentes han estado y estarán en movimiento
3B Los continentes permanecen en el mismo sitio
4B Seres extraterrestres visitan la Tierra ocasionalmente
4A Hasta ahora no hay evidencia de vida fuera de la Tierra
5A Las predicciones sobre el clima diario basadas en la meteorología son confiables
5B Predicciones sobre vida de la gente basadas en astrología y horóscopos son confiables
6B Las plantas se alimentan de la materia orgánica y el agua que hay en el suelo
6A Plantas producen alimento con energía de luz solar, CO ₂ del aire y minerales del agua
7A Hongos son seres vivos diferentes de plantas y animales
7B Hongos son especies de plantas
8B Comer fruta modificada genéticamente modifica los genes de quienes la comen
8A Comer fruta modificada genéticamente no influye en los genes de quienes la comen
9A Los seres vivos son producto de un proceso de evolución
9B Los seres vivos fueron creados en su forma actual
10B Algunos humanos convivieron con los dinosaurios
10A Los humanos nunca han convivido con los dinosaurios
11A Un ser vivo solo puede ser generado por otro ser vivo
11B La basura puede generar insectos
12B Homeopatía es tan eficaz o más que medicina científica
12A Medicina científica es más eficaz que homeopatía
13A Hay técnicas para generar energía nuclear con riesgos y efectos contaminantes menores que los hidrocarburos
13B Energía nuclear implica contaminación y riesgos superiores a otras fuentes de energía
14B Rayos láser son concentraciones de ondas sonoras
14A Rayos láser son concentraciones de ondas de luz
15A En últimas décadas temperatura media de Tierra aumentó por actividad industrial
15B El aumento de temperatura de últimas décadas no es atribuible a actividad industrial

Fuente: Elaboración propia.

Los resultados de esta aproximación a los conocimientos de algunos docentes de educación básica se presentan en las tablas 4 y 5. Teniendo en cuenta que hoy se reconoce que ningún conocimiento científico es absolutamente seguro y definitivo, las respuestas se agrupan sumando en la primera columna el porcentaje de quienes creen que una idea es segura o piensan que tiene fundamento sólido; en la última columna el de los que la consideran descartada o poco probable; y en el centro la postura intermedia de quienes opinan que la idea tiene algún fundamento.

La tabla 4 incluye solo las frases con ideas científicamente sólidas (A), que se presentan en orden descendente según los porcentajes de la primera columna.

TABLA 4
Opiniones sobre ideas científicamente sólidas

Idea	Segura o con fundamento sólido	Con algún fundamento	Descartada o poco probable
1A La Tierra gira sobre su propio eje y alrededor del Sol	95	5	0
6A Plantas producen alimento con energía de luz solar, CO ₂ del aire y minerales del agua	91	5	4
9A Los seres vivos son producto de un proceso de evolución	81	13	6
3A Los continentes han estado y estarán en movimiento	79	14	7
15A En últimas décadas temperatura media de la Tierra aumentó por actividad industrial	68	19	13
11A Un ser vivo solo puede ser generado por otro ser vivo	62	12	26
10A Los humanos nunca han convivido con los dinosaurios	58	18	24
14A Rayos láser son concentraciones de ondas de luz	58	34	8
12A Medicina científica es más eficaz que homeopatía	50	41	9
7A Hongos son seres vivos diferentes de plantas y animales	49	19	32
5A Las predicciones sobre el clima diario basadas en la meteorología son confiables	45	43	12
13A Hay técnicas para generar energía nuclear con riesgos y efectos contaminantes menores que los hidrocarburos	40	33	27
2A La Tierra tiene unos 4,500 millones de años de existencia	30	50	20
8A Comer fruta modificada genéticamente no influye en los genes de quienes la comen	22	30	48
4A Hasta ahora no hay evidencia de vida fuera de la Tierra	16	34	50

Fuente: Elaboración propia.

Tratándose de ideas científicamente sólidas, los porcentajes de la primera columna deberían ser cercanos a 100, pues no solo incluyen a quienes consideran que la idea expresada es *segura*, sino también a quienes juzgan que tiene *fundamento sólido*, pero ni siquiera la idea de que la Tierra gira sobre su eje y alrededor del Sol alcanzó 100% de respuestas en la primera columna, y las cifras en ella bajan rápidamente, mientras aumenta la proporción de respuestas que se ubican en la columna intermedia y en la tercera. Una idea tan importante de las CN como la fotosíntesis (6A) es considerada sólida por 91% de los docentes, pero el porcentaje baja a 81% respecto de la teoría de la evolución (9A), y a 79% en cuanto a la tectónica de placas (3A). Solamente la mitad opina que la medicina científica es más eficaz que la homeopatía; 30% que la Tierra tiene unos 4,500 millones de años de existencia y 16% que hasta ahora no hay evidencia de vida fuera de la Tierra.

La tabla 5 sintetiza opiniones respecto de ideas descartadas por la ciencia, por lo que lo esperable es que las cifras de la primera columna tiendan a cero y las de la tercera a 100%. Los renglones se ordenan según el porcentaje de la última columna.

Es razonable que casi todos los participantes (96%) descarten la idea de que las predicciones astrológicas son confiables, pero que las cifras de la segunda columna y las de la primera aumenten muestra que proporciones no menores tienen dudas o incluso consideran seguras o con fundamento ideas descartadas por la ciencia como que los humanos convivieron con dinosaurios (7% + 10%); que los humanos fueron creados en su forma actual (12% + 6%); que la Tierra tiene 6,000 años de antigüedad (20% + 5%); que el Sol gira alrededor de la Tierra (11% + 18%); que extraterrestres visitan la Tierra (35% + 3%); que los hongos son especies de plantas (26% + 31%); que la homeopatía es tan eficaz o más que la medicina científica (49% + 28%); o que las plantas se alimentan de materia orgánica y agua del suelo (13% + 76%). No sorprende que 66% considere seguro o con fundamento que la energía nuclear implica contaminación y riesgos superiores a las demás fuentes de energía.

Concepciones sobre las ciencias

Otra parte del instrumento exploró las ideas de los participantes sobre las ciencias, en relación con lo cual se encuentran dos extremos:

- Uno optimista sin matices, derivado del positivismo decimonónico, que las ve como conocimientos perfectos, definitivos, producidos por personas desinteresadas y sin prejuicios que aplican simplemente el método científico y generan tecnologías poderosas que no tienen implicaciones éticas o políticas.
- Otro radicalmente negativo, de inspiración posmoderna, según el cual el conocimiento científico no sería superior al de sentido común, pues uno y otro serían simples construcciones sociales, marcadas por posturas ideológicas y políticas, y los científicos tenderían a ser ambiciosos y egoístas.

TABLA 5

Opiniones sobre ideas científicamente descartadas

Idea	Segura o con fundamento sólido	Con algún fundamento	Descartada o poco probable
5B Predicciones sobre vida de la gente basadas en astrología y horóscopos son confiables	3	1	96
3B Los continentes permanecen en el mismo sitio	6	7	87
10B Algunos humanos convivieron con los dinosaurios	10	7	83
9B Los seres vivos fueron creados en su forma actual	6	12	82
15B El aumento de temperatura de últimas décadas no es atribuible a actividad industrial	10	8	82
2B La Tierra tiene unos 6,000 años de existencia	5	20	75
1B Sol, Luna y estrellas giran alrededor de la Tierra	18	11	71
14B Rayos láser son concentraciones de ondas sonoras	12	18	70
4B Seres extraterrestres visitan la Tierra ocasionalmente	3	35	62
8B Comer fruta modificada genéticamente modifica los genes de quienes la comen	12	31	57
7B Hongos son especies de plantas	31	26	43
11B La basura puede generar insectos	56	10	34
12B Homeopatía es tan eficaz o más que medicina científica	28	49	23
6B Las plantas se alimentan de la materia orgánica y el agua que hay en el suelo	76	13	11
13B Energía nuclear implica contaminación y riesgos superiores a otras fuentes de energía	66	30	4

Fuente: Elaboración propia.

Una postura intermedia, más consistente, dice que el conocimiento científico, sin ser perfecto, es más completo que el de sentido común; que la ciencia no maneja un método rígido, pero aprovecha adelantos previos para avanzar y combina observación con razonamiento riguroso para confirmar o rechazar ideas previas; que está influida por condiciones del entorno y posturas ideológicas y tiene implicaciones éticas y políticas, en relación con las cuales la opinión de los científicos no vale más que otras.

La exploración mostró que los participantes comparten, en general, concepciones congruentes con esa postura intermedia, pero muchos tienen algunas que son inadecuadas, tanto de tendencia positivista como posmoderna, con posturas no del todo claras en cuanto a la relación de ciencia y conocimiento no científico, al método, al potencial de las ciencias para resolver problemas prácticos, al papel de las ciencias naturales en decisiones que las involucren, a la imagen de los científicos y a las relaciones entre ciencia y religión.

Conclusión

Los resultados de las mediciones en varios países confirman lo que se plantea como conjetura en la introducción: que la enseñanza de ciencias naturales que se ofrece en las escuelas de educación básica ha fracasado en su propósito de dar cultura o alfabetización científica que permita tomar parte en decisiones que involucren estos conocimientos. El que las preguntas utilizadas en las encuestas solo midan cuestiones muy básicas no invalida esta conclusión, pues si muchos ciudadanos no manejan al menos eso, no se puede esperar que tengan comprensiones más completas, como las que serían necesarias para la participación inteligente mencionada.

La exploración de los conocimientos de docentes de educación básica aporta algo para explicar ese fracaso, que tiene que ver con la forma en que se imparte la asignatura de Ciencias naturales, muchas veces distante de lo que recomienda la didáctica actual y apegada más bien a prácticas tradicionales de demostrada ineeficacia.

Los especialistas coinciden en indicar que las clases de ciencias no deben centrarse en exposiciones del docente, ni en acciones de los estudiantes que solo llevan a la memorización de términos o nociones mal entendidas, ni en “experimentos” que se reducen a reproducir instrucciones mecánicamente sin un propósito claro, una idea a entender o una pregunta a responder. En cambio, se recomienda privilegiar el papel activo de los alumnos, sin reducir eso a manipular objetos; partir de sus ideas previas y confrontarlas con ob-

servaciones para detectar su insuficiencia para dar cuenta de los fenómenos y combinar observación con reflexión para llegar a ideas que lo consigan mejor, congruentes con la ciencia. Se destaca que no es adecuado partir de la definición de nociones abstractas, sino avanzar de lo más simple a lo complejo volviendo varias veces sobre una idea, cada vez con mayor profundidad, con un currículo progresivo o en espiral (Bruner, 1977), y con perspectiva histórica, evitando la recarga de contenidos, para centrar la atención en pocas ideas clave (National Research Council, 2000; Harlen, 2010), tomando siempre el tiempo necesario para la reflexión y la discusión.

Hacer una enseñanza congruente con las ideas del párrafo anterior no es sencillo, y supone que los docentes, además de concepciones adecuadas sobre la ciencia que eviten el simplismo de la visión ingenua positivista y el negativo posmoderno, tengan un conocimiento de temas científicos que no se reduzca a manejar algunos términos, sino que incluya una buena comprensión de aspectos centrales.

Por ello, un paso más en la explicación de por qué la enseñanza de CN que se da en muchas escuelas no ha conseguido desarrollar una sólida cultura científica en los estudiantes consiste en advertir que las fallas de esa enseñanza se deben, a su vez, a la inadecuada preparación de los docentes que, como muestra la exploración referida, parecen tener conocimientos básicos tan precarios o poco menos que los de la población adulta en general.

La exploración tuvo claros límites porque el instrumento no fue validado ni se aplicó a una muestra aleatoria, sino a docentes inscritos voluntariamente en un diplomado sobre el tema, lo que muestra interés. Pese a ello se pueden decir varias cosas.

Sobre el conocimiento de contenidos de ciencias, la comparación de las tablas 2 y 4 muestra que la comprensión de los docentes es mejor que los de la población mexicana. La tabla 1 permite afirmar también que los conocimientos del grupo de docentes estudiado son comparables a los de la población de países desarrollados. Pero como se trata de ideas muy básicas, el que el nivel de los docentes sea mejor o similar al de la población mexicana en general, o la de Estados Unidos, no impide que se le considere pobre, en comparación con lo deseable y lo esperable de quienes deben enseñar ciencias a sus estudiantes.

Hay que añadir que los conocimientos y las concepciones sobre ciencias de los docentes probablemente no sean diferentes de los que tienen otros profesionales con estudios universitarios, ya que lo que un adulto sabe de

ciencias, y lo que cree al respecto, se basa en lo que aprendió en educación básica y media, pues fuera de las carreras científicas, en licenciatura no se ven estos temas. Esto también es verdad para docentes de primaria, cuya formación inicial en ciencias se reduce a dos cursos centrados en aspectos pedagógicos y no en contenidos científicos.

Otra reflexión lleva a pensar que el nivel observado está lejos del deseable. Al igual que las encuestas internacionales, esta exploración utilizó ítems que miden un nivel de conocimiento bajo, pero no uno medio o avanzado, siendo razonable inferir que quienes no tienen al menos conocimientos básicos tampoco tendrán comprensiones profundas, para detectar cuáles, es necesario otro tipo de aproximación.

La interacción con los docentes del grupo estudiado confirmó, por ejemplo, que, si bien todos dijeron que es la Tierra la que gira alrededor del Sol y no al revés, no pudieron explicar en qué se basa la idea de que el modelo copernicano del universo es superior al de Ptolomeo; cuando se les pedía justificarlo aducían razones que tienen que ver con la forma esférica del planeta (*cómo se pierde de vista un barco que se aleja de la costa*), discutían argumentos contra la idea de que la Tierra se moviera (*al saltar no caeríamos en el mismo lugar, habría viento fuerte...*), o daban otras explicaciones incorrectas (*las estaciones*), pero ninguno pudo señalar que lo que el modelo heliocéntrico explica mejor que el geocéntrico es el movimiento de los planetas, aparentemente irregular.

Todo esto hace pensar que la cultura científica de los docentes es, efectivamente, pobre, como lo es la de la gran mayoría de la población en México y también en otros países incluyendo en todos los casos a quienes hicieron estudios superiores.

La creciente conciencia de lo anterior, puesta en evidencia por las evaluaciones internacionales como las de las pruebas PISA de la OCDE, sustenta la idea de que la escuela solo podrá cumplir el propósito de dar a los alumnos una sólida cultura científica si se transforma en profundidad la enseñanza de ciencias, para transitar de “enseñar para saber” a “aprender a pensar” (*from teaching to know to learning to think*), en la dirección a que apuntan Zoller y Levy Nahum (2012).

Pero transformar prácticas tradicionales ineficaces en otras que propicien realmente el desarrollo de comprensiones complejas no es sencillo. Aunque los docentes afirmen masivamente seguir el constructivismo, sus

prácticas muchas veces revelan ser tradicionales y no ayuda un currículo sobrecargado y unos textos y material de apoyo no congruentes con los nuevos enfoques.

Si se quiere cambiar realmente la enseñanza es indispensable que los docentes mismos tengan la cultura científica que deberán promover en sus estudiantes, lo que implica modificar la formación inicial y la actualización en servicio. Solo así los maestros podrán tener la cultura científica que queremos promuevan entre los estudiantes de educación básica, para formar ciudadanos con lo necesario para una vida plena en la sociedad del conocimiento.

Nota

¹ En adelante, en este artículo se usará más fluida la lectura, sin menoscabo de el masculino con el único objetivo de hacer género.

Referencias

- 3M (2021). *State of science Index*. Disponible en: https://www.3m.com/3M/en_US/state-of-science-index-survey/about-the-survey/
- Airey, John y Cedric, Linder (2011). “Bilingual scientific literacy”, en Linder, Östman, Roberts, Wickman, Erickson y MacKinnon (eds.), *Exploring the Landscape of Scientific Literacy*, Nueva York: Routledge.
- American Association for the Advancement of Science (1993). *Benchmarks for Science Literacy*, Nueva York/Oxford: Oxford University Press.
- Bruner, Jerome (1977). *The Process of Education*, Cambridge: Harvard University Press.
- Conant, James B. (1947). *On understanding science. An historical approach*, New Haven: Yale University Press.
- DeBoer, George E. (2000). “Scientific literacy: Another look at its historical and contemporary meanings and its relationship to science education reform”, *Journal of Research in Science Teaching*, vol. 37, núm. 6, pp. 582-601. Disponible en: <https://doi.org/10.1002/1098-2736>
- Durant, Jhon; Evans, Geoffrey y Thomas, Geoffrey (1989). “The public understanding of science”, *Nature*, vol. 340, núm. 6228, pp. 11-14. <https://doi.org/10.1038/340011a0>
- European Commission (2013). *Special Eurobarometer 401: Responsible Research and Innovation, Science and Technology*, Bruselas: European Commission. Disponible en: http://ec.europa.eu/public_opinion/archives/ebs/ebs_401_en.pdf
- Fundación BBVA (2015). *International Study on Scientific Culture. Understanding Science*, s.d.e. Disponible en: <https://www.fbbva.es/wp-content/uploads/2017/05/dat/Understandingsciencenotalarga.pdf>
- Harlen, Wynne (ed) (2010). *Principios y grandes ideas de la educación en ciencias*, Hatfield: College Lane/Association for Science Education. Disponible en: <http://innovec.org.mx/home/images/Grandes%20Ideas%20de%20la%20Ciencia%20Español%2020112.pdf>

- Inegi (2005). *Encuesta sobre la Percepción Pública de la Ciencia y la Tecnología. Tabulados básicos*, Aguascalientes: Instituto Nacional de Estadística y Geografía. Disponible en: <https://www.inegi.org.mx/programas/enpecyt/2017/>
- Inegi (2017). *Encuesta sobre la Percepción Pública de la Ciencia y la Tecnología Tabulados básicos*, Aguascalientes: Instituto Nacional de Estadística y Geografía. Disponible en: <https://www.inegi.org.mx/programas/enpecyt/2017/>
- IPSOS-MORI (2011). *Public Attitudes to Science 2011: Main Report*, Londres: IPSOS-MORI. Disponible en: <http://www.ipsosmori.com/assets/docs/polls/sri-pas-2011-main-report.pdf>
- Martins, Isabel (2011). "Literacy as Metaphor and Perspective in Science Education", en Linder, Östman, Roberts, Wickman, Erickson y MacKinnon (Eds.) *Exploring the Landscape of Scientific Literacy*, pp. 90-105, Nueva York: Routledge.
- Miller, Jon D. (1998). "Measurement of civic scientific literacy", *Public Understanding of Science*, vol. 7, núm. 3, pp. 203-223. <https://doi.org/10.1088/0963-6625/7/3/001>.
- National Research Council (1996). *National Science Education Standards*, Washington: National Academy Press. <https://doi.org/10.17226/4962>
- National Research Council (2000). *How People Learn. Brain, Mind, Experience and School*, Washington: National Academy Press. <https://doi.org/10.17226/9853>.
- National Research Council (2012). *A Framework for K-12 Science Education Practices, Crosscutting concepts and core ideas*, Washington: National Academy Press. <https://doi.org/10.17226/13165>.
- National Science Board (2012). "Science and technology: Public attitudes and public understanding", en *Science and Engineering Indicators*, cap. 7, pp. 7.1-7.51, Arlington: National Science Foundation. Disponible en: <https://www.nsf.gov/statistics/2018/nsb20181/assets/404/science-and-technology-public-attitudes-and-understanding.pdf>
- National Science Board (2016). *Science and Engineering Indicators*, Arlington, VA: National Science Foundation. Disponible en: <https://www.nsf.gov/statistics/2016/nsb20161/#/>
- OCDE (2016). *PISA 2015. Assessment and Analytical Framework: Science, Reading, Mathematics and Financial Literacy*, París: OECD Publishing. <https://doi.org/10.1787/9789264281820-en>.
- Roberts, Douglas A. (2007). "Scientific literacy/Science literacy", en Abell y Lederman (eds.), *Handbook of research on science education*, Mahwah: Lawrence Erlbaum Associates, pp. 729-780.
- Roberts, Douglas A. (2011). "Competing visions of scientific literacy. The influence of a science curriculum policy image", en C. Linder, L. Östman, D. Roberts, P.-O. Wickman, G. Erickson y A. MacKinnon (eds.) *Exploring the landscape of scientific literacy*, pp. 11-27, Nueva York: Routledge.
- Snow, Catherine E. y Dibner, Kenne A. (eds.) (2016). *Science literacy. Concepts, contexts and consequences*, Washington: National Academies Press.
- Zoller, Uri y Levy Nahum, Tami (2012). "From teaching to KNOW to learning to THINK in science education", en B. Fraser, K. Tobin y C. McRobbie (eds.), *Second International Handbook of Science Education*, vol. 1, pp. 209-229, Dordrecht: Springer.

Artículo recibido: 19 de noviembre de 2021

Aceptado: 27 de noviembre de 2021