



# Alfabetización científica, C-T-S-A y pensamiento crítico. Conceptualización y aplicaciones en el ámbito educativo: la gestión del agua

Beatriz García Fernández<sup>1</sup>, Esther Paños<sup>2</sup> y José Reyes Ruiz-Gallardo<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Facultad de Educación de Ciudad Real, <sup>2</sup>Facultad de Educación de Albacete, Universidad de Castilla-La Mancha, España

[Recibido el 7 de abril de 2022, aceptado el 2 de octubre de 2022]

En una realidad cambiante como la actual, en la que cada vez más la ciencia y la tecnología están presentes, la alfabetización científica se perfila como una herramienta esencial para poder afrontar diferentes problemáticas de ámbito global y local. A lo largo de este trabajo se hace un análisis del significado y evolución del término alfabetización científica, vinculándolo a problemáticas sociales de ámbito científico-tecnológico que requieren ser abordadas de manera integral y multidimensional, como por ejemplo la gestión del agua en la Reserva de la Biosfera de La Mancha Húmeda. En este sentido, se incluyen propuestas específicas para trabajar estas cuestiones asociadas a dicha temática, poniendo el foco en habilidades concretas como la selección de criterios, la argumentación y la toma de decisiones. Se pone de relevancia, de este modo, la importancia de considerar la interacción C-T-S-A (ámbito científico, tecnológico, social y ambiental) al analizar cuestiones controvertidas que requieren, asimismo, el desarrollo de un pensamiento crítico en el alumnado.

**Palabras clave:** alfabetización científica; CTSA; pensamiento crítico; gestión del agua.

## Scientific literacy, STSE and critical thinking: conceptualisation and applications in education

In today's changing world, where science and technology play an increasingly important role, scientific literacy has become an essential tool for dealing with a range of global and local problems. This study analyses the meaning and evolution of the term 'scientific literacy', and establishes connections with real scientific and technological social problems that require comprehensive, multidimensional answers, such as water management in the La Mancha Húmeda Biosphere Reserve. The study proposes particular approaches based on specific skills such as criteria selection, argumentation and decision-making. The study also highlights the importance of an interdisciplinary STSE (scientific, technological, social and environmental) approach when analysing controversial issues and of developing critical thinking among students.

**Keywords:** scientific literacy; STSE (scientific, technological, social and environmental); critical thinking; water management.

Para citar el artículo. Beatriz García Fernández, B., Paños, E. y Ruiz-Gallardo, J.R. (2022). Alfabetización científica, C-T-S-A y pensamiento crítico. Conceptualización y aplicaciones en el ámbito educativo: la gestión del agua. *Ápice. Revista de Educación Científica*, 6(2), 17-31. DOI: <https://doi.org/10.17979/arec.2022.6.2.9046>

Contacto. [Beatriz.Garcia@uclm.es](mailto:Beatriz.Garcia@uclm.es), [Esther.Panos@uclm.es](mailto:Esther.Panos@uclm.es), [JoseReyes.Ruiz@uclm.es](mailto:JoseReyes.Ruiz@uclm.es)

## Aproximación al concepto de alfabetización científica

La ciencia debe ser accesible a todos los estudiantes, de acuerdo con el principio de equidad y excelencia (National Research Council, 1996). Todas las personas, independientemente del contexto en que se encuentren, deben poseer oportunidades de aprender y de aproximarse a la ciencia, por lo que es necesario hablar de alfabetización científica para toda la ciudadanía (Lee, 1997).

Si atendemos al significado que aporta la Real Academia Española de la Lengua del término alfabetización, encontramos la definición “acción y efecto de alfabetizar”, significando esta última palabra “enseñar a alguien a leer y a escribir”<sup>1</sup>. En el siglo XXI, para poder desenvolvemos en el mundo que nos rodea ya no basta con saber leer y escribir; necesitamos otra serie de habilidades vinculadas con la ciencia y la tecnología.

Ya en la década de los 40, Dewey (1940) mencionaba la necesidad de la adquisición por parte de los estudiantes de amplios conocimientos científicos que les permitieran desenvolverse en las décadas futuras. Pese a que el término alfabetización científica fue acuñado a finales de la década de los 50, apareciendo por primera vez en los trabajos de Hurd (1958), McCurdy (1958) y Rockefeller Brothers Fund (1958), no existe consenso sobre su significado (DeBoer, 2000; Laugksch, 2000).

A mediados de la década de los 70, Shen (1975) propuso diferentes dimensiones de la alfabetización científica:

- Práctica, referente a la adquisición de conocimientos científicos y tecnológicos para poder desenvolverse en distintos contextos de la vida cotidiana.
- Cívica, vinculada a la capacidad para comprender información y participar en debates asociados a problemáticas sociales de ámbito científico-tecnológico que puedan derivar incluso en la toma de decisiones políticas en procesos democráticos, por ejemplo, sobre temas que puedan generar controversias éticas (Pardo, 2014).
- Cultural, entendiendo la ciencia como un producto cultural del ser humano. Así, la comprensión del mundo natural puede suponer emoción y realización personal (National Research Council, 1996).

Cañal (2004) señala que, además de estos tres niveles de alfabetización científica, deben considerarse otros dos niveles complementarios si se pretende determinar cuál es el nivel de alfabetización científica de una persona:

- Analfabetismo científico funcional, en el que el sujeto se muestra incapaz de emplear ningún conocimiento científico escolar para comprender problemas y fenómenos de su entorno y para actuar según pautas de orientación científica.
- Alfabetización científica académica, en la que se poseen conocimientos de la asignatura de ciencias, aunque carecen de estructura y están poco relacionados con contextos y situaciones concretas de la realidad.

En esta línea, para Marco-Stiefel (2004, p. 274) la alfabetización científica:

“comporta la adquisición de rudimentos básicos en orden a la comprensión de la ciencia y de la tecnología, de modo que se puedan utilizar esos conocimientos en la comunicación y la argumentación con base científica y, llegado el caso, en el pronunciamiento sobre los temas científicos y sus derivaciones en lo que es propio de la acción ciudadana”.

---

1 <https://dle.rae.es/alfabetizar?m=form>

La argumentación, por tanto, aparece como una habilidad necesaria para conseguir la alfabetización científica. En este sentido, se entiende por argumentación sobre cuestiones científicas:

“la evaluación de enunciados de conocimiento a la luz de las pruebas disponibles, lo que requiere la coordinación entre datos y conclusiones” (Bravo, Puig y Jiménez-Aleixandre, 2009, p. 138).

Argumentar no solo implica la competencia para elaborar conclusiones a partir de datos, necesaria en investigación. En el proceso de evaluación de un enunciado científico, por ejemplo, cuando se evalúa información presente en los medios de comunicación, es necesario, además, identificar las pruebas que apoyan o refutan dicho enunciado (Bravo, Puig y Jiménez-Aleixandre, 2009). Para la evaluación de enunciados, Bravo et al. (2009), apoyadas en el trabajo de Kolstø (2001), proponen como estrategias para su consecución la utilización de indicadores de fiabilidad de las fuentes, cuestionando además su neutralidad y competencia, y la consideración de la autoridad de los investigadores.

Otra de las visiones sobre la alfabetización científica es la considerada por Rubba y Andersen (1978) y por Pella, O’Hearn y Gale (1996), extraída a su vez del trabajo de Showalter (1974, citado en Rubba y Andersen, 1978). Para Showalter (1974), la definición de alfabetización científica comprende siete dimensiones:

1. La comprensión de la naturaleza del conocimiento científico.
2. La adecuada aplicación de los conceptos científicos, leyes, principios y teorías que rigen el universo.
3. El uso de procesos científicos para la resolución de problemas, la toma de decisiones y la profundización en la propia comprensión del universo.
4. La interacción con varios aspectos del universo de un modo consistente con los valores científicos.
5. La comprensión y puesta en valor de la conexión entre ciencia y tecnología, y la relación de ambas con otros aspectos de la sociedad.
6. El desarrollo de una concepción del universo más completa, satisfactoria y exacta, como resultado de la educación científica, constante a lo largo de la vida.
7. El desarrollo de habilidades manipulativas asociadas con la ciencia y la tecnología.

Esta definición de lo que significa estar alfabetizado científicamente incluye además una visión conectada con la **competencia científica**, entendiendo esta como el conjunto de destrezas para explicar fenómenos científicos, evaluar y diseñar investigaciones científicas, e interpretar datos y pruebas científicamente (OECD, 2016), implicando conocimiento y habilidades cognitivas (Lupión-Cobos, López-Castilla y Blanco-López, 2017).

Otra visión es la propuesta por Trefil y Hazen (2010), para quienes la alfabetización científica debe centrarse en aspectos generales y en un conocimiento de aquellos elementos más relevantes y de los que más frecuentemente aparecen en los medios de comunicación, discursos políticos o en la vida real, con una visión amplia, aunque no necesariamente han de ser abordados en profundidad. Porlán (2020) también aporta una visión en esta línea, destacando que han de **abordarse temáticas relevantes** que conecten al discente con problemáticas reales y de cierto grado de importancia social, cultural, ambiental o personal.

Pese a las diferencias que podemos encontrar en estas conceptualizaciones de lo que significa estar alfabetizado científicamente, todas ellas tienen en común elementos que la

caracterizan como necesaria y urgente para el desarrollo de las personas y de los pueblos, especialmente en una realidad en la que cada vez están más presentes la ciencia y la tecnología (Solbes, 2019). Así, Trefil y Hazen (2010, p.58) definen la alfabetización científica como “la matriz de conocimiento sobre el universo físico necesaria para comprenderlo y tratarlo en las noticias o en cualquier otro ámbito”. Así, cualquier ciudadano alfabetizado científicamente podría no solo considerarse un ciudadano científicamente culto (Laugksch, 2000), sino también acceder a discusiones propias de la dimensión cívica de la alfabetización científica (Marco-Stiefel, 2004). En relación con la ciencia como actividad cultural, destaca la definición que, en este sentido, da de ella Shortland a finales de los 80 (1988, p. 310), describiéndola como “la actividad creativa característica de la mente moderna”.

### **La alfabetización científica aplicada a contextos reales: gestión del agua en los humedales de Castilla-La Mancha**

Aprender ciencias en contextos concretos abordando problemáticas socio-científicas es una forma de promover la alfabetización científica que conecta la propia ciencia con la sociedad y con nuestra vida diaria (Ke, Sadler, Zangori y Friedrichsen, 2021). La interacción entre aspectos científicos y sociales es, en muchos casos, compleja, y encontramos ejemplos en la pandemia de covid-19 (Ke et al., 2021) y en las consecuencias hídricas del calentamiento global, sobre todo donde este recurso escasea de forma habitual. Cómo evitar infectarse de coronavirus y contagiar al entorno próximo evitando la propagación de la pandemia (Alpuche-Aranda y Lazcano-Ponce, 2020), o cómo emplear el agua en el domicilio, implican una toma de decisiones que parte de la comprensión de las repercusiones de cada una de las acciones tomadas y, para ello, es necesaria la alfabetización científica.

La alfabetización científica es, por tanto, una herramienta esencial, no solo para la comprensión de los mensajes que nos lanza la comunidad científica y los medios de comunicación, sino también para una toma de decisiones fundamentada y para evitar ser manipulados en los contextos en que nos encontramos y, en su caso, participamos. En este sentido, se destaca que el proceso de toma de decisiones implica a su vez una serie de habilidades asociadas a: a) la definición del problema, b) la elaboración de diferentes alternativas, c) la evaluación de riesgos y consecuencias de cada una de ellas, d) la elección de una de ellas, y e) la evaluación de la decisión tomada (Mincemoyer y Perkins, 2003; Alkhatib, 2019). Para ello, determinar qué criterios de todos los que pueden manejarse son los más importantes en cada caso, evaluar la información disponible asociada a cada alternativa, identificar aspectos tanto positivos como negativos de cada alternativa elegida (Gresch, Hasselhorn y Bögeholz, 2013), y discutir argumentos y contraargumentos de acuerdo con las pruebas científicas disponibles (Lee, 2007), se convierten en habilidades esenciales.

Así, por ejemplo, en la situación global de pandemia en la que actualmente vivimos, en los medios de comunicación de muy diversa índole han aparecido términos del ámbito científico-técnico necesarios para comprender esta problemática: coronavirus, SARS-COV-2, PCR, test de antígenos, respirador, anticuerpo o tormenta de citoquinas son solo algunos de ellos. Ante tal cantidad de información de estas características, son muchos los ciudadanos que se han sentido desorientados y abrumados (Lannini, 2020) en un momento en el que el papel social de la ciudadanía es determinante en la evolución de la pandemia (Alpuche-Aranda y Lazcano-Ponce, 2020). Sobre la importancia de la toma de decisiones en el caso de tratar de limitar el impacto de una pandemia como es la del coronavirus, encontramos el ejemplo de algunas medidas de prevención como el uso de la mascarilla en determinados contextos y el mantenimiento de la distancia entre personas. Más allá de seguir las normas establecidas, comprender el mecanismo de contagio permite actuar

por pleno convencimiento en términos de medidas de prevención, así como seleccionar de un modo más adecuado los criterios para elegir estas medidas (por ejemplo, priorizar el criterio del bien común frente a la comodidad de no llevar mascarilla en algunos contextos como el sanitario).

Algo parecido sucede cuando se habla de calentamiento global del planeta. Autores como Magnason (2021) plantean la cuestión de si los ciudadanos somos capaces de entender el verdadero significado y la amplitud de términos muy presentes en titulares como deshielo, incremento de emisiones o *record heat*. Comprender estas informaciones permite tomar decisiones, por ejemplo, a la hora de realizar acciones que tienen impacto en el cambio climático, como son todas aquellas que implican consumo de energías fósiles. En este punto, se manejarían diferentes criterios como, por ejemplo, la comodidad (empleo del ascensor, subir la temperatura de la vivienda en invierno algunos grados), frente a un menor impacto de nuestras acciones en el planeta. La selección y ponderación de estos criterios, junto con una valoración de los pros y contras de cada acción de acuerdo con la información científica disponible, permitiría una toma de decisiones más alineada con la ciencia.

Pero no solo es importante la alfabetización científica en contextos globales, como los descritos. Un nivel adecuado de alfabetización científica nos permite también comprender problemáticas de nuestro entorno más cercano y poder, asimismo, tener una opinión fundamentada y evitar ser manipulados, pudiendo incluso actuar en toma de decisiones que afecten a los territorios donde vivimos y, por tanto, a nuestras propias vidas. Un ejemplo es el de la gestión de un recurso tan escaso como es el agua en La Mancha, región de clima semiárido, con escasas precipitaciones anuales y veranos muy secos y calurosos. La Reserva de la Biosfera de La Mancha Húmeda alberga más de 15.000 ha de humedales, ecosistemas fundamentales que cumplen importantes funciones en este territorio.

El humedal con una figura de protección más elevada en esta Reserva es el Parque Nacional de Las Tablas de Daimiel, a unos 30 km de la capital, Ciudad Real. Paradójicamente, pese a ser el humedal con una figura de protección más relevante en esta provincia, es uno de los que tiene más y mayores problemas ecosistémicos desde hace décadas (Florín, 1999; García Fernández, Navarro y Asensio, 2013). Es muy frecuente encontrar noticias en la prensa que hacen referencia a problemas en este entorno, normalmente haciendo alusión a sequías o incluso a incendios subterráneos de las turberas en las que se ubica, fruto de situaciones de emergencia hídrica extrema (Navarro, García, Sánchez y Asensio, 2011; Navarro, García y Asensio, 2012).

La gestión del agua, cuando esta es escasa, suele ser compleja y, en ocasiones, polémica, haciéndose eco los medios de comunicación. Un ejemplo es el caso de Las Tablas (García Fernández, Sánchez Emeterio y Sánchez Ramos, 2012). Es frecuente encontrar en las noticias referentes a este ecosistema términos como sondeo de emergencia, turbera, acuífero, trasvase, cambio climático, masiega o eutrofización. La escasez de recursos hídricos en Las Tablas es un problema complejo y multifactorial, ya que el estado ecológico de este ecosistema no depende solo de aportes de agua superficiales provenientes de la lluvia directa, escorrentía o de ríos y arroyos. Depende también de las aguas subterráneas. El nivel freático regional se desconectó en 1986 y, desde entonces, los aportes de agua fruto del acuífero regional 04.04 en el que se ubica cesaron. La alfabetización científica es necesaria, no solo para comprender los términos que hacen posible la lectura de diferentes noticias en los medios de comunicación, sino porque es una herramienta imprescindible para entender el funcionamiento de este ecosistema. Permite no caer en visiones reduccionistas de la problemática del agua centradas en el consumo de esta en el entorno inmediato del Parque, que podrían llevar a culpar de su estado ecológico únicamente a los agricultores de la zona, cuando esta problemática socio-ambiental es una realidad mucho más

compleja, ya que la evolución del nivel freático en el Parque no depende exclusivamente de las extracciones en su entorno próximo, sino que también es sensible a las extracciones en puntos alejados de la masa acuífera en la que se encuentra (Yustres et al., 2013).

A esta problemática hay que añadir la compatibilidad de la conservación y restauración hídrica con la existencia de actividad agrícola, a la que está vinculada una parte importante de la población que vive próxima al Parque. Todo ello pone de relevancia la necesidad de estar alfabetizado científicamente para comprender estos problemas ambientales y sociales, e incluso para posicionarse ante ellos de un modo consciente e informado. Los gestores de estos espacios son quienes toman las decisiones más importantes sobre ellos, pero es fundamental que la ciudadanía conozca la complejidad de estos aspectos socio-ambientales para no caer en visiones reduccionistas de nuestro entorno más próximo.

Otro de los ecosistemas protegidos de la Reserva de la Biosfera de La Mancha Húmeda fuertemente afectado por acciones antropogénicas es el Complejo Lagunar de Alcázar de San Juan, también en la provincia de Ciudad Real. La alfabetización científica es fundamental para comprender la problemática de las tres lagunas que conforman este complejo lagunar. Se trata de tres lagunas endorreicas y salinas manchegas (Cirujano y Medina, 2002) en un clima con veranos secos y calurosos y, por tanto, con un hidropereodo fluctuante que hace que sea normal que estas lagunas se sequen en verano. Es este hidropereodo el que hace que durante la época en la que se secan aparezca el llamado saladar, indicador del buen estado ecológico de estos ecosistemas. Actualmente, una de las lagunas, La Veguilla, se encuentra inundada artificialmente con efluentes de depuradora. Puede caerse en este caso en una asociación errónea entre inundación permanente y buen estado ecológico, ya que la eliminación de los episodios de secado y de la fluctuación lagunar natural puede ocasionar episodios de eutrofización (Florín, 1999; Anza, 2014; Florín et al., 2021). Sin una adecuada alfabetización científica no es posible que la población comprenda el funcionamiento ecosistémico y cómo los diferentes actores intervienen en este y, por tanto, no pueden posicionarse de un modo informado ante esta realidad.

La alfabetización científica permite, sin necesidad de haber adquirido un conocimiento científico profundo sobre las diferentes cuestiones socio-científicas, entender la interacción de los diferentes agentes implicados y huir de perspectivas reduccionistas de los problemas ambientales y sociales existentes, desarrollando el pensamiento crítico y evitando así ser manipulados (García Fernández y Sánchez Vizcaíno, 2016). Y es que no puede desligarse la alfabetización científica del pensamiento crítico científico, considerado este uno de sus componentes fundamentales (Yore, Pimm y Tuan, 2007) que debería ser prioritario en la educación obligatoria (Bailin, 2002; Jiménez-Aleixandre, 2010; Solbes, Ruiz y Furió, 2010).

### **Relación entre C-T-S-A y problemas socio-científicos**

Estas problemáticas de ámbito global y local son ejemplos de cómo las cuestiones de índole científico, tecnológico, social y ambiental no pueden aislarse, puesto que interactúan entre ellas. Así, comienza a estudiarse el ámbito Ciencia-Tecnología-Sociedad (C-T-S) durante la década de los 70 (Solbes, 2019), al cual se ha unido con posterioridad el término ambiente, con la finalidad de proporcionar una imagen más completa y contextualizada de la ciencia que incluya cuestiones ambientales y de calidad de vida (Fernandes, Pires y Villamañán, 2014) en pos de la consecución de un futuro sostenible (Gil y Vilches, 2004); de ello resulta el acrónimo C-T-S-A. Comprender la relación entre la ciencia y la sociedad es una de las competencias que debe haber adquirido un ciudadano alfabetizado científicamente (Pella, O'Hearn y Gale, 1996).

En el momento en el que comienzan a aparecer trabajos de C-T-S existía una visión muy negativa de la ciencia, que se había empleado en la producción de armamento de diferente índole y en beneficio de grandes negocios, y que se percibía, por tanto, como una ciencia al servicio de las clases dominantes (Solbes, 2019). La C-T-S nace para cambiar esta percepción, contextualizándola y teniendo en cuenta aspectos sociales y ambientales (Solbes y Vilches, 1989).

En la primera década del siglo XXI comienzan a aparecer trabajos sobre cuestiones socio-científicas (Solbes, 2019), las cuales podrían definirse como dilemas o controversias sociales que tienen en su base nociones científicas, y que hacen que la capacidad de argumentación cobre una especial importancia (Jiménez-Aleixandre, 2010). Estas cuestiones controvertidas son propias del desarrollo científico (Porlán, 2018), y de acuerdo con la propia naturaleza de la ciencia, no pueden ser eliminadas del aula ni de los libros de texto, pues los conocimientos científicos son provisionales (García-Carmona, Vázquez y Manassero, 2012). El abordaje de estas cuestiones controvertidas puede hacerse en las aulas mediante una enseñanza basada en debates, los cuales favorecen tanto los procesos de argumentación como el aprendizaje de las ciencias (Ruiz, Solbes y Furió, 2013), especialmente cuando trabajan problemáticas de interés para el alumnado (Porlán, 2020), así como con juegos de rol (García Fernández y Sánchez Vizcaíno, 2016). Estas estrategias permiten que el estudiante reflexione sobre el problema desde todos los puntos de vista, por ejemplo al desempeñar diferentes papeles representando a distintos colectivos, o adoptando posturas en ocasiones contrarias a sus ideas iniciales (García Fernández y Sánchez Vizcaíno, 2016). Algunos de los temas que podrían ser susceptibles de ser abordados podrían tener que ver con el uso de recursos limitados, como el del agua, descrito anteriormente, las energías renovables (Jiménez-Liso, Hernández-Villalobos y Lapetina, 2010) y no renovables, como la energía nuclear (García-Carmona y García-Criado, 2008), el impacto medioambiental y social de la fabricación de dispositivos electrónicos (García Fernández, Muñoz Espinosa y Rodríguez Domenech, 2016), la compatibilidad de actividades en el medio natural, la contaminación de los ecosistemas, el movimiento antivacunas, y la existencia de pseudociencias en medicina, entre otros.

Finalmente, cuando se abordan las cuestiones C-T-S-A no pueden obviarse los aspectos éticos que van vinculados al avance científico (Pella, O'Hearn y Gale, 1996), con lo que estas interacciones C-T-S-A también deben estar ligadas a un código ético en aras de contribuir a la construcción de una sociedad más próspera y equitativa (Mateos Jiménez y Ruiz-Gallardo, 2016).

### **El pensamiento crítico en el ámbito educativo**

La inmersión de estudiantes y docentes en una realidad en la que las cuestiones socio-científicas están cada vez más presentes hace necesaria una educación que permita actuar de forma crítica (Solbes y Torres, 2012). Por ello, el pensamiento crítico aparece como uno de los aspectos clave de la competencia científica (Blanco-López, España-Ramos, González-García y Franco-Mariscal, 2015), entendiéndola como el conjunto de destrezas para explicar fenómenos científicos, evaluar y diseñar investigaciones científicas, e interpretar datos y pruebas científicamente (OECD, 2016), y por ende de la alfabetización científica (Yore, Bisanz y Hand, 2003; Reveles, Cordova y Kelly, 2004; Devick-Fry y LeSage, 2010; Osborne, 2014), pues ha de permitir la toma de decisiones fundamentada que evite la manipulación de los ciudadanos.

No obstante, aunque existe consenso en cuanto a la importancia de abordar el pensamiento crítico en el ámbito educativo, no lo existe acerca de su definición, pues en la

literatura se pueden encontrar diversas acepciones. Para Fisher (2011, p. 5) es la “competencia para interpretar, analizar y evaluar ideas y argumentos”, definición que integra similares elementos que la proporcionada por Fisher y Scriven (1997, p. 21, en Fisher, 2011), quienes además destacan que la interpretación ha de ser activa y que las observaciones y la información también son susceptibles de ser evaluadas. Para Norris y Ennis (1989) se trata de un pensamiento racional y reflexivo centrado en decidir creencias o acciones. Para Kennedy, Fisher y Ennis (1991, en Pithers y Soden, 2000) el pensamiento crítico debe permitir resolver problemas. Y finalmente, Paul, Fisher y Nosich (1993, p. 4, en Fisher, 2011) aportan otra definición, considerándolo como la “forma de pensar –sobre cualquier asignatura, contenido o problema– en la cual el pensador mejora la calidad de sus pensamientos controlando las estructuras inherentes a este e imponiendo sobre ellos estándares de carácter intelectual”. Esta definición es particularmente relevante pues llama la atención sobre la importancia de pensar sobre el propio pensamiento (metacognición) y mejorarlo de forma consciente (Fisher, 2011).

Son por tanto diversas las visiones en torno a este concepto. Pero sí que existe convergencia por parte de varios autores a la hora de apuntar a que debe ser parte explícita del currículum (Pithers y Soden, 2000; Fisher, 2011; Osborne, 2014; McPeck, 2016), ya que no todos los estudiantes tienen adquirida esta competencia (Pithers y Soden, 2000) y el mero contacto con la ciencia por sí solo no hace que los estudiantes piensen críticamente (Rogers, 1948, en Osborne, 2014). El pensamiento crítico es algo que ha de enseñarse y entrenarse, pues está asociado a habilidades cognitivas de orden superior (Ab Kadir, 2017), y no en vano, el pensamiento crítico aparece recogido en el Decreto 54/2014, de 10/07/2014, por el que se establece el currículo de la Educación Primaria en la Comunidad Autónoma de Castilla-La Mancha. También se hace explícito el pensamiento crítico en el recién publicado Real Decreto 157/2022, por el que se establecen la ordenación y las enseñanzas mínimas de la Educación Primaria. En esta normativa se menciona en las áreas de Lengua Castellana y Literatura, Lengua Extranjera, Matemáticas, Conocimiento del Medio Natural, Social y Cultural, y Educación en Valores Cívicos y Éticos, configurándose en estas dos últimas como un saber básico.

El estudiante que piensa críticamente ha de ser un sujeto escéptico (Solbes, 2013). El escepticismo es uno de los valores de la ciencia moderna, pues todo aquello que la integra se ha debido probar antes, e incluso el cuerpo de doctrina que lo integra no está exento de ser cuestionado (May, 2011). Pero, aunque la ciencia es metodológicamente crítica, no existe pensamiento crítico si no aparecen las implicaciones sociales o los discursos dominantes (Solbes, 2013). Y es que en la educación científica detectar aquello que es incorrecto es tan importante como conocer los contenidos correctos (Osborne, 2014).

Solbes y Torres (2012) presentan un desglose de las diferentes competencias que van ligadas al pensamiento crítico y de las dificultades asociadas (Tabla 1), que sirve de gran ayuda para reflexionar sobre cómo incluir el pensamiento crítico en la praxis docente. Estas competencias están orientadas a resolver cuestiones del ámbito C-T-S-A, pues contribuyen al desarrollo del pensamiento crítico (Solbes, 2013). En cuanto a las estrategias para el desarrollo del pensamiento crítico, Blanco-López, España-Ramos y Franco-Mariscal (2017) proponen algunas de ellas: a) Analizar anuncios publicitarios en los que la ciencia esté presente, de modo explícito o implícito, y reflexionar sobre el fin y los intereses que persigue, así como comprobar si aquello que dice el anuncio es realmente cierto. b) Tratar información disponible en internet, pues esta fuente hace que información de diversa calidad se encuentre accesible. Aquella relacionada con pseudociencias puede ser muy pertinente, pues conecta el pensamiento crítico con la propia naturaleza de la ciencia (Porlán,

1998). c) Juegos de rol, para lo cual se ha de partir de una problemática socio-científica de actualidad y controvertida que no ha de estar ya resuelta. Estos problemas pueden estar vinculados a cuestiones éticas, morales, económicas, o sociales, entre otras. Se debe disponer de suficiente información de fácil acceso para poder, a partir de ella, detectar falacias argumentativas y rechazar aquellas conclusiones no basadas en pruebas.

**Tabla 1.** Competencias asociadas al pensamiento crítico y dificultades vinculadas a cada una de ellas. Adaptado de Solbes y Torres (2012).

Competencias asociadas al pensamiento crítico	Dificultades que impiden su consecución
Comprender las relaciones C-T-S-A y asumir la existencia de problemáticas sociales controvertidas con base en nociones científicas.	Asumir la ciencia como algo descontextualizado y no accesible. No ser conscientes de las problemáticas socio-científicas existentes en la humanidad. No ser consciente del impacto de la ciencia y la tecnología en la sociedad.
Estar informado sobre el tema elegido. Conocer tanto el discurso dominante como las posturas alternativas. Cuestionar la validez de los argumentos. Rechazar conclusiones no basadas en pruebas. Detectar falacias argumentativas. Evaluar la fiabilidad de las fuentes considerando intereses subyacentes.	Estar dispuesto a cuestionar las opiniones y creencias propias basadas en discursos legitimadores (o en la ideología dominante). Desconocimiento de los intereses subyacentes.
Estudiar el problema socio-científico de forma integral, involucrando sus diferentes dimensiones (científica, técnica, cultural, social, económica, ambiental, etc.).	La propia complejidad que supone estudiar el problema integrando sus múltiples dimensiones.
Valorar y realizar juicios éticos en torno al problema socio-científico considerando su contribución a la satisfacción de necesidades humanas y a resolver los problemas del mundo.	La propia valoración ética puede suponer una dificultad en sí misma.
Identificar conclusiones que permitan la toma de decisiones fundamentadas y la promoción de acciones para mejorar la calidad de vida, transformando la realidad y solucionando de ese modo situaciones personales, familiares y laborales.	La pasividad, la comodidad o la falta de implicación pueden dificultar esta última fase de posicionamiento.

En relación con la información que aparece en internet, es preciso en el aula hacer hincapié en la importancia de la fiabilidad de las fuentes. Los estudiantes deben distinguir entre aquellas que son científicas y las que no lo son, y ya en el ámbito universitario, dentro de aquellas que sí lo sean, han de destacar las que recogen conclusiones basadas en la consulta de múltiples trabajos (metaanálisis), pues verán reducido el error proveniente de singularidades recogidas en estudios de caso. Esto es especialmente relevante en formación docente, ya que los futuros maestros han de basar su praxis docente en pruebas científicas y no en un mero ensayo-error.

Además de las dificultades para desarrollar el pensamiento crítico en el aula señaladas por Solbes y Torres (2012; Tabla 1), Osborne (2014) apunta a que tener una percepción de la ciencia como algo incuestionable también dificulta este proceso, lo que conecta directa-

mente con la propia naturaleza de la ciencia. Si atendemos a que la propia ciencia se ha de basar en pruebas, Osborne se desmarca de una visión positivista en la línea de Porlán (1998), quien no aboga por una reducción experimentalista y una simplificación esquemática de los procesos científicos en lo que él llama “absolutismo positivista”, sino que, apuesta por incluir ámbitos de la realidad susceptibles de ser abordados científicamente, aunque sin perder de vista el rigor científico huyendo de un “todo vale” (Porlán, 1998). Para Osborne (2014), enseñar ciencias no está reñido con cuestionarlas, sino que ambos procesos van ligados. De hecho, este autor apunta a las consecuencias que tiene no enseñar ciencias integrando el pensamiento crítico, siendo estas las siguientes: a) demasiada presencia de tareas que requieren de bajo nivel cognitivo, b) pobre proceso de aprendizaje, c) comprensión errónea de la naturaleza de la ciencia, y d) una ciencia menos interesante para los estudiantes.

### **Reflexión final**

El sistema educativo se enfrenta al gran reto de formar personas con un adecuado nivel de alfabetización científica, que puedan comprender el entorno natural, que contextualicen sus aprendizajes en situaciones próximas y reales, y que sean capaces de posicionarse y tomar decisiones informadas. Es imprescindible considerar la presencia, cada vez más notable, de la ciencia y la tecnología en nuestras vidas, en cuestiones sociales que nos afectan y que no pueden abordarse dejando de lado la sostenibilidad.

La participación del alumnado en situaciones controvertidas de contenido científico ha de ser parte de este proceso de alfabetización científica, y requiere el desarrollo de un pensamiento crítico que, recogido en la propuesta de currículum actual como un saber básico dentro del Conocimiento del Medio Natural, Social y Cultural, es preciso afrontar desde la práctica docente. Un ejemplo podría ser el planteado en este estudio, la gestión del agua en el contexto particular de los humedales de la Reserva de la Biosfera de La Mancha Húmeda. En el marco de la propuesta que se presenta, se hace necesario identificar la complejidad de estos ecosistemas, conociendo, entre otros, la influencia que en ellos ejerce la actividad humana próxima y en otras zonas más alejadas, así como la interacción entre el medio natural y la actividad social y económica, y así poder abordarla desde el análisis de sus diferentes dimensiones. Solo de este modo el alumnado podrá alejarse de visiones reduccionistas y tomar decisiones fundamentadas. La búsqueda y/o gestión de información fiable, la argumentación, el cuestionamiento, el abordaje del problema de manera integral, entre otras muchas otras, son competencias que pueden permitir a los alumnos no solo comprender, sino también transformar y mejorar la realidad.

### **Referencias bibliográficas**

- Ab Kadir, M. A. (2017). What teacher knowledge matters in effectively developing critical thinkers in the 21 st century curriculum? *Thinking Skills and Creativity*, 23, 79-90. <https://doi.org/10.1016/j.tsc.2016.10.011>.
- Alkhatib, O. J. (2019). A framework for implementing Higher-Order Thinking Skills (Problem-Solving, Critical Thinking, and Decision-Making) in Engineering & Humanities. *2019 Advances in Science and Engineering Technology International Conferences (ASET)*, 2019. 1-8. <https://doi.org/10.1109/ICASET.2019.8714232>
- Alpuche-Aranda, C. y Lazcano-Ponce, E. (2020). Alfabetización en salud pública ante la emergencia de la pandemia por Covid-19. *Salud pública de México*, 62(3), 331-340. <https://doi.org/10.21149/11408>.

- Anza, I., Vidal, M. D., Laguna, C., Díaz-Sánchez, S., Sánchez, S., Chicote, Á., Florín, M. y Mateo, R. (2014). Eutrophication and Bacterial Pathogens as Risk Factors for Avian Botulism Outbreaks in Wetlands Receiving Effluents from Urban Wastewater Treatment Plants. *American Association of Microbiology*, 80(14), 4251-4259. <https://doi.org/10.1128/AEM.00949-14>
- Bailin, S. (2002). Critical thinking and science education. *Science & Education*, 11(4), 361-375. <https://doi.org/10.1023/A:1016042608621>
- Blanco-López, Á., España-Ramos, E., González-García, F. J. y Franco-Mariscal, A. J. (2015). Key aspects of scientific competence for citizenship: A Delphi study of the expert community in Spain. *Journal of Research in Science Teaching*, 52(2), 164-198. <https://doi.org/10.1002/tea.21188>
- Blanco-López, Á., España-Ramos, E. y Franco-Mariscal, A. J. (2017). Estrategias didácticas para el desarrollo del pensamiento crítico en el aula de ciencias. *Ápice*, 1(1), 107-115. <https://doi.org/10.17979/arec.2017.1.1.2004>
- Bravo, B., Puig, B. y Jiménez-Aleixandre, M. P. (2009). Competencias en el uso de pruebas de argumentación. *Educación Química*, 20(2), 137-142. [https://doi.org/10.1016/S0187-893X\(18\)30020-X](https://doi.org/10.1016/S0187-893X(18)30020-X)
- Cañal, P. (2004). La alfabetización científica: ¿necesidad o utopía? *Cultura y educación*, 16(3), 245-257. <https://doi.org/10.1174/1135640042360951>
- Cirujano, S. y Medina, L. (2002). *Plantas acuáticas de las lagunas y humedales de Castilla-La Mancha*. Real Jardín Botánico del Consejo Superior de Investigaciones Científicas.
- DeBoer, G.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*, 37(6), 582-601. [https://doi.org/10.1002/1098-2736\(200008\)37:6<582::AID-TEA5>3.0.CO;2-L](https://doi.org/10.1002/1098-2736(200008)37:6<582::AID-TEA5>3.0.CO;2-L)
- Decreto 54/2014, de 10/07/2014, por el que se establece el currículo de la Educación Primaria en la Comunidad Autónoma de Castilla-La Mancha, *Boletín Oficial del Estado*, 132, 18498-18909.
- Devick-Fry, J. y LeSage, T. (2010). Science literacy circles: Big ideas about science. *Science activities*, 47(2), 35-40. <https://doi.org/10.1080/00368120903383133>
- Dewey, J. (1940). *Education Today*. Putnam.
- Fernandes, I. M., Pires, D. M. y Villamañán, R. M. (2014). Educación científica con enfoque ciencia-tecnología-sociedad-ambiente: construcción de un instrumento de análisis de las directrices curriculares. *Formación universitaria*, 7(5), 23-32. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-50062014000500004>
- Fisher, A. (2011). *Critical thinking: An introduction*. Cambridge University Press.
- Fisher, A. y Scriven, M. (1997). *Critical thinking its definition and assessment*. Centre for research in Critical Thinking.
- Florín Beltrán, M. (1999). Funciones y valores de los humedales manchegos. *Quercus*, 163, 10-18. Recuperado de: [https://www.researchgate.net/publication/264622147\\_Funciones\\_y\\_valores\\_de\\_los\\_humedales\\_manchegos](https://www.researchgate.net/publication/264622147_Funciones_y_valores_de_los_humedales_manchegos)
- Florín, M., Gosálvez, R., Laguna, C., Sánchez, D., Falomir, J., González, A., Muñoz, E., Chicote, Á., Sánchez, G., Velasco, Á. y Becerra, R. (2021). Efecto de superioridad en la mejora de servicios ecosistémicos de regulación por humedales y llanuras de inundación.

- Ambienta*, 127, 64-75. Recuperado de: <https://ruidera.uclm.es/xmlui/bitstream/handle/10578/30017/Efecto%20de%20superioridad%20en%20la%20mejora%20de%20servicios%20ecosist%C3%A9micos%20de%20regulaci%C3%B3n%20por%20humedales%20y%20llanuras%20de%20inundaci%C3%B3n.pdf?sequence=1>
- García-Carmona, A. y Criado García-Legaz, A. M. (2008). Enfoque CTS en la enseñanza de la energía nuclear: análisis de su tratamiento en textos de física y química de la ESO. *Enseñanza de las Ciencias*, 26 (1), 107-124. Recuperado de: <https://ensciencias.uab.cat/article/view/v26-n1-garcia-criado/1600>
- García-Carmona, A., Vázquez Alonso, Á. y Manassero Mas, M. A. (2012). Comprensión de los estudiantes sobre naturaleza de la ciencia: análisis del estado actual de la cuestión y perspectivas. *Enseñanza de las Ciencias*, 30(1), 0023-34. <https://doi.org/10.5565/rev/ec/v30n1.442>
- García Fernández, B., Muñoz Espinosa, E. M. y Rodríguez Domenech, M. A. (2016). La formación docente en la sociedad digital: propiciando la reflexión sobre el impacto medioambiental y social del consumo de tecnología. *Opción*, 32(13), 104-130. Recuperado de: <https://www.redalyc.org/pdf/310/31048483007.pdf>
- García Fernández, B., Navarro, V. y Asensio, L. (2013). A synthetic model of surface inundation relationships and water source impacts of the wetland Las Tablas de Daimiel National Park, Central Spain. *Ecological engineering*, 61, 407-418. <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2013.09.009>
- García Fernández, B., Sánchez Emeterio, G. y Sánchez Ramos, D. (2012). La transposición didáctica de la investigación en humedales/Didactic transposition of wetlands research. *Estudios sobre el mensaje periodístico*, 18 (número especial), 347-356. [http://dx.doi.org/10.5209/rev\\_ESMP.2012.v18.40988](http://dx.doi.org/10.5209/rev_ESMP.2012.v18.40988)
- García Fernández, B. y Sánchez Vizcaíno, J. (2016). Estrategias didácticas para enseñar a través del entorno. En: A. Mateos y A. Manzanares (Coord.), *Mejores maestros, mejores educadores: innovación y propuestas en Educación* (pp. 287-314). Aljibe.
- Gil, D. y Vilches, A. (2004). Contribución de la ciencia a la cultura ciudadana. *Cultura y Educación*, 16 (3), 259-272. <https://doi.org/10.1174/1135640042360924>
- Gresch, H., Hasselhorn, M. y Bögeholz, S. (2013). Training in decision-making strategies: An approach to enhance students' competence to deal with socio-scientific issues. *International Journal of Science Education*, 35(15), 2587-2607. <https://doi.org/10.1080/09500693.2011.617789>
- Hurd, P. (1958). Science literacy: Its meaning for American schools. *Educational Leadership. Journal of the Association for Supervision and Curriculum Development, NEA*, 16, 13- 16, 52. Recuperado de: [http://edciper.com/wp-content/uploads/2016/09/Hurd\\_1958\\_Science-literacy.pdf](http://edciper.com/wp-content/uploads/2016/09/Hurd_1958_Science-literacy.pdf)
- Jiménez-Aleixandre, M.P. (2010). *10 ideas clave. Competencias en argumentación y uso de pruebas*. Graó.
- Jiménez-Liso, M. R., Hernández Villalobos, L. y Lapetina, J. (2010). Dificultades y propuestas para utilizar las noticias científicas de la prensa en el aula de ciencias. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 7(1), 107-126. [http://dx.doi.org/10.25267/Rev\\_Eureka\\_ensen\\_divulg\\_cienc.2010.v7.i1.07](http://dx.doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2010.v7.i1.07)
- Ke, L., Sadler, T. D., Zangori, L. y Friedrichsen, P. J. (2021). Developing and using multiple models to promote scientific literacy in the context of socio-scientific issues. *Science & Education*, 30(3), 589-607. <https://doi.org/10.1007/s11191-021-00206-1>

- Kennedy, M., Fisher, M. B. y Ennis, R. H. (1991). Critical thinking: Literature review and needed research. En: Idol, L. y Jones, B. F. (Eds), *Educational values and cognitive instruction: Implications for reform*, 2 (pp. 11-40). Routledge.
- Kolstø, S.D. (2001). 'To trust or not to trust,...' –pupils' ways of judging information encountered in a socio-scientific issue. *International Journal of Science Education*, 23(9), 877-901. <https://doi.org/10.1080/09500690010016102>
- Lannini, A. M. (2020). Alfabetización científica. En: *Educación y COVID-19. Aproximaciones académicas de estudiantes y profesores de la Facultad de Educación de la Universidad de los Andes*. Universidad de los Andes.
- Laugksch, R. C. (2000). Scientific literacy: A conceptual overview. *Science education*, 84(1), 71-94. [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1098-237X\(200001\)84:1<71::AID-SCE6>3.0.CO;2-C](https://doi.org/10.1002/(SICI)1098-237X(200001)84:1<71::AID-SCE6>3.0.CO;2-C)
- Lee, O. (1997). Scientific Literacy for All: What Is It, and How Can We Achieve It?. *Journal of Research in science Teaching*, 34(3), 219-222. [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1098-2736\(199703\)34:3<219::AID-TEA1>3.0.CO;2-V](https://doi.org/10.1002/(SICI)1098-2736(199703)34:3<219::AID-TEA1>3.0.CO;2-V)
- Lee, Y. C. (2007). Developing decision-making skills for socio-scientific issues. *Journal of Biological Education*, 41(4), 170-177. <https://doi.org/10.1080/00219266.2007.9656093>
- Lupión-Cobos, T., López-Castilla, R. y Blanco-López, R. (2017). What do science teachers think about developing scientific competences through context based teaching? A case study. *International Journal of Science Education*, 39(7), 937-963. <https://doi.org/10.1080/09500693.2017.1310412>
- Magnason, A. S. (2021). The White Noise of Climate Change (the Language of Climate Change). In *Engaging with Contemporary Challenges through Science Education Research* (pp. 15-18). Springer.
- Marco-Stiefel, B. (2004). Alfabetización científica: un puente entre la ciencia escolar y las fronteras científicas. *Cultura y Educación*, 16(3), 273-287. <https://doi.org/10.1174/1135640042360906>
- Mateos Jiménez, A. y Ruiz-Gallardo, J. R. (2016). Mejorar la formación en didáctica de las ciencias de los futuros y futuras docentes. Hacia una revisión de su perfil y de las prioridades formativas. En: A. Mateos y A. Manzanares (Coord.), *Mejores maestros, mejores educadores: innovación y propuestas en Educación* (pp. 235-260). Aljibe.
- May, R. M. (2011). Science as organized scepticism. *Philosophical Transactions of the Royal Society A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences*, 369(1956), 4685-4689. <https://doi.org/10.1098/rsta.2011.0177>
- McCurdy, R. (1958). Toward a population literate in science. *The Science Teacher*, 25(7), 366-368.
- McPeck, J. E. (2016). *Critical thinking and education*. Routledge.
- Mincemoyer, C. C. y Perkins, D. F. (2003), Assessing decision-making skills and influences on decisions. *Forum for Family and Consumer Issues*, 8(1), 1-9. Recuperado de: [https://www.rhyclearinghouse.acf.hhs.gov/sites/default/files/docs/13789-Assessing\\_Decision\\_Making\\_Skills.pdf](https://www.rhyclearinghouse.acf.hhs.gov/sites/default/files/docs/13789-Assessing_Decision_Making_Skills.pdf)
- National Research Council (1996). *National Science Education Standards*. National Academy Press. Recuperado de: <https://nap.nationalacademies.org/catalog/4962/national-science-education-standards>

- Navarro, V., García, B. y Asensio, L. (2012). Characterization of the infiltration rate in Las Tablas de Daimiel National Park, central Spain. *Hydrological Processes*, 26(3), 367-378. <https://doi.org/10.1002/hyp.8134>
- Navarro, V., García, B., Sanchez, D. y Asensio, L. (2011). An evaluation of the application of treated sewage effluents in Las Tablas de Daimiel National Park, Central Spain. *Journal of Hydrology*, 401(1-2), 53-64. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2011.02.008>.
- Norris, S. P. y Ennis, R. H. (1989). *Evaluating Critical Thinking. The Practitioners' Guide to Teaching Thinking Series*. Critical Thinking Press and Software.
- Organisation for Economic Cooperation and Development [OECD]. (2016). *PISA 2015. Assessment and analytical framework: Science, reading, mathematics and financial literacy*. OECD. Recuperado de: <https://www.oecd.org/education/pisa-2015-assessment-and-analytical-framework-9789264281820-en.htm>
- Osborne, J. (2014). Teaching critical thinking? New directions in science education. *School Science Review*, 352, 53-62. Recuperado de: [https://www.physics.smu.edu/sdalley/quarknet/2015/2015QuarkNet\\_files/Physics%20Curriculum%20Constructs/ASE%20Teaching%20Critical%20Thinking%20in%20Science%20Education.pdf](https://www.physics.smu.edu/sdalley/quarknet/2015/2015QuarkNet_files/Physics%20Curriculum%20Constructs/ASE%20Teaching%20Critical%20Thinking%20in%20Science%20Education.pdf)
- Pardo Avellaneda, R. (2014). De la alfabetización científica a la cultura científica: un nuevo modelo de apropiación social de la ciencia. En: B. Laspra y E. Muñoz (Coord.), *Culturas científicas e innovadoras. Progreso social*, (pp. 39-72). Eudeba y Universidad de Buenos Aires.
- Paul, R., Fisher, A. y Nosich, G. (1993). *Workshop on Critical Thinking Strategies*. Foundation for Critical Thinking. Sonoma State University.
- Pella, M. O., O'Hearn, G. T. y Gale, C. G. (1966). Referents to scientific literacy. *Journal of Research in Science Teaching*, 4, 199-208. <https://doi.org/10.1002/tea.3660040317>
- Pithers, R. T. y Soden, R. (2000). Critical thinking in education: A review. *Educational research*, 42(3), 237-249. <https://doi.org/10.1080/001318800440579>
- Porlán Ariza, R. (1998). Pasado, presente y futuro de la didáctica de las ciencias. *Enseñanza de las ciencias: Revista de investigación y experiencias didácticas*, 16(1), 175-185. Recuperado de: <https://raco.cat/index.php/Ensenanza/article/view/83243>
- Porlán, R. (2018). Didáctica de las ciencias con conciencia. *Enseñanza de las Ciencias*, 36(3), 5-22. <https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.2795>
- Porlán, R. (2020). El cambio de la enseñanza y el aprendizaje en tiempos de pandemia. *Revista de Educación Ambiental y Sostenibilidad*, 2, 1502-1-1502-7. [http://dx.doi.org/10.25267/Rev\\_educ\\_ambient\\_sostenibilidad.2020.v2.i1.1502](http://dx.doi.org/10.25267/Rev_educ_ambient_sostenibilidad.2020.v2.i1.1502)
- Real Decreto 157/2022, de 1 de marzo, por el que se establecen la ordenación y las enseñanzas mínimas de Educación Primaria, *Boletín Oficial del Estado*, 52 24386-24504. Recuperado de: <https://www.boe.es/buscar/doc.php?id=BOE-A-2022-3296>
- Reveles, J. M., Cordova, R. y Kelly, G. J. (2004). Science literacy and academic identity formulation. *Journal of Research in Science Teaching*, 41(10), 1111-1144. <https://doi.org/10.1002/tea.20041>
- Rockefeller Brothers Fund (1958). *The pursuit of excellence: education and the future of America*. Doubleday.
- Rogers, E. M. (1948). Science in general Education. En: E. J. McGrath (Ed.), *Science in General Education*. Wm. C. Brown Co.

- Rubba, P. A., y Andersen, H. O. (1978). Development of an instrument to assess secondary school students understanding of the nature of scientific knowledge. *Science education*, 62(4), 449-458. <https://doi.org/10.1002/sce.3730620404>
- Ruiz, J. J., Solbes, J. y Furió, C. (2013). Debates sobre cuestiones sociocientíficas: Una herramienta para aprender Física y Química. *Textos*, 64, 32-39. Recuperado de: [https://www.uv.es/jsolbes/documentos/Textos\\_Ruiz,Solbes,Furio\\_2103.pdf](https://www.uv.es/jsolbes/documentos/Textos_Ruiz,Solbes,Furio_2103.pdf)
- Shen, B. S. P. (1975). Science Literacy: Public understanding of science is becoming vitally needed in developing and industrialized countries alike. *American Scientist*, 63(3), 265-268. Recuperado de: <https://www.jstor.org/stable/27845461>
- Shortland, M. (1988). Advocating science: Literacy and public understanding. *Impact of Science on Society*, 38(4), 305-316. Recuperado de: <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000082310>
- Showalter, V. M. (1974). What is united science education? Part 5. Program objectives and scientific literacy. *Prism II*, 2(3-4).
- Solbes, J., Ruiz, J. J. y Furió, C. (2010). Debates y argumentación en las clases de física y química. *Alambique*, 63, 65-76. Recuperado de: [https://www.uv.es/jsolbes/documentos/Alambique\\_Solbes\\_Ruiz\\_Furio\\_2010.pdf](https://www.uv.es/jsolbes/documentos/Alambique_Solbes_Ruiz_Furio_2010.pdf)
- Solbes, J. y Torres, N. (2012). Análisis de las competencias de pensamiento crítico desde el abordaje de las cuestiones sociocientíficas: un estudio en el ámbito universitario. *Didáctica de las ciencias experimentales y sociales*, 26, 247-269. <https://doi.org/10.7203/dces.26.1928>
- Solbes, J. (2019). Cuestiones socio-científicas y pensamiento crítico: Una propuesta para cuestionar las pseudociencias. *Tecné, Episteme y Didaxis: TED*, 46, 81-99. Recuperado de: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7072195>
- Solbes, J. y Vilches, A. (1989). Interacciones Ciencia-Técnica-Sociedad: un instrumento de cambio actitudinal. *Enseñanza de las Ciencias*, 7(1), 1420. Recuperado de: <https://raco.cat/index.php/Ensenanza/article/view/51127>
- Solbes Matarredona, J. (2013). Contribución de las cuestiones sociocientíficas al desarrollo del pensamiento crítico (I): Introducción. *Revista eureka sobre enseñanza y divulgación de las ciencias*, 10(1), 1-10. <http://hdl.handle.net/10498/14993%20>
- Trefil, J. y Hazen, R. (2010). *Sciences: an Integrated Approach*. Sixth Edition. John Wiley & Sons.
- Yore, L., Bisanz, G. L. y Hand, B. M. (2003). Examining the literacy component of science literacy: 25 years of language arts and science research. *International Journal of Science Education*, 25(6), 689-725. <https://doi.org/10.1080/09500690305018>
- Yore, L. D., Pimm, D. y Tuan, H.-L. (2007). The literacy component of mathematical and scientific literacy. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 5, 559-589. <https://doi.org/10.1007/s10763-007-9089-4>
- Yustres, Á., Navarro, V., Asensio, L., Candel, M. y García, B. (2013). Groundwater resources in the Upper Guadiana Basin (Spain): a regional modelling analysis. *Hydrogeology Journal*, 21(5), 1129-1146. <https://doi.org/10.1007/s10040-013-0987-y>

