



Las interacciones CTSA en la enseñanza de las ciencias en la Educación Secundaria: evolución y perspectivas

Interacções do CTSA no ensino das ciências no ensino secundário: evolução e perspectivas

STSE interactions in science teaching in Secondary Education: evolution and perspectives

Nora Reverte
Universitat de València
norareverte@gmail.com

María Calero
Universitat de València
maria.calero@uv.es

Amparo Vilches
Universitat de València
amparo.vilches@uv.es

Resumen

Incluir la dimensión Ciencia-Tecnología-Sociedad-Ambiente (CTSA) se ha impuesto como una de las recomendaciones más consensuadas por la investigación didáctica para la enseñanza de la ciencia y la tecnología. Este artículo analiza la evolución de la atención prestada a dichas interacciones en investigaciones en didáctica de las Ciencias Experimentales en los últimos años, analizando para ello las publicaciones en revistas, así como en Congresos de Enseñanza de Ciencias en la última década. Se examina, además, la repercusión de la inclusión de las interacciones CTSA en la enseñanza de las Ciencias en Educación Secundaria. Por una parte, se analizan las visiones sobre la ciencia de estudiantes y sus conocimientos sobre las interacciones CTSA y, por otra, el currículo de asignaturas de ciencias y tecnología. Los resultados muestran que, aunque la atención concedida a la dimensión CTSA desde la investigación en didáctica de las Ciencias y el currículum en general es considerable a lo largo de todo el período analizado, el alcance y repercusión de dichas investigaciones en la Enseñanza Secundaria no ha seguido el mismo impulso y resulta todavía insuficiente. Se pone de manifiesto la necesidad de trasladar los avances en investigación didáctica, en el campo de las relaciones CTSA, a las aulas para formar una ciudadanía competente a la hora de tomar decisiones informadas y responsables y capaz de reconocer y apreciar el papel de la ciencia y de la tecnología para contribuir a sociedades más justas y sostenibles.

Palabras Clave: Alfabetización Científica; CTSA; Educación para la Sostenibilidad y ODS; Enseñanza Secundaria; Naturaleza de la Ciencia.



Resumo

A inclusão da dimensão Ciência-Tecnologia-Sociedade-Ambiente (STSE) tornou-se uma das recomendações mais amplamente aceites na investigação didáctica sobre educação científica e tecnológica. Este artigo analisa a evolução da atenção prestada a estas interações na investigação didáctica nas Ciências Experimentais nos últimos anos, analisando as publicações em revistas, bem como em Congressos de Educação Científica na última década. Também examina o impacto da inclusão das interações CTSA no ensino das ciências no ensino secundário. Por um lado, são analisadas as opiniões dos estudantes sobre a ciência e os seus conhecimentos sobre as interações CTSA e, por outro lado, o currículo das disciplinas de ciência e tecnologia. Os resultados mostram que, embora a atenção dada à dimensão STSE na investigação em educação científica e no currículo em geral seja considerável ao longo do período analisado, o âmbito e impacto de tal investigação no Ensino Secundário não seguiu o mesmo impulso e é ainda insuficiente. Existe uma clara necessidade de transferir os avanços da investigação didáctica no campo das relações STS para a sala de aula, a fim de educar um cidadão competente para tomar decisões informadas e responsáveis e capaz de reconhecer e apreciar o papel da ciência e da tecnologia na contribuição para sociedades mais justas e sustentáveis.

Palavras-chave: Educação para a Sustentabilidade; CTSA; Educação para a Sustentabilidade e SDGs; Ensino Secundário; Natureza da Ciência.

Abstract

Including the Science-Technology-Society-Environment (STSE) dimension has become one of the most widely accepted recommendations in didactic research on science and technology education. This paper analyses the evolution of the attention paid to these interactions in didactic research in the Experimental Sciences in recent years, analysing the publications in journals as well as in Science Education Congresses in the last decade. It also examines the impact of the inclusion of STSE interactions in Science Teaching in Secondary Education. On the one hand, students' views on science and their knowledge of STSE interactions and, on the other hand, the curriculum of science and technology subjects are analysed. The results show that, although the attention given to the STSE dimension in Science Education research and the curriculum in general is considerable throughout the period analysed, the scope and impact of such research in Secondary Education has not followed the same impulse and is still insufficient. There is a clear need to transfer the advances in didactic research in the field of STSE relationships to the classroom in order to educate a citizenry competent to make informed and responsible decisions and able to recognise and appreciate the role of science and technology in contributing to fairer and more sustainable societies.

Keywords: Scientific literacy; STSE; Education for Sustainability and SDGs; Secondary education; Nature of Science.

Introducción

Desde la perspectiva CTSA se pretende generar propuestas innovadoras y alternativas para la enseñanza de las ciencias con el objetivo de formar una ciudadanía responsable y preparada para tomar decisiones sobre problemas a los que ha de hacer frente la humanidad y de empen-



der acciones personales derivadas de tales decisiones fundamentadas (Aikenhead, 1985; Yager, 1996; Solbes & Vilches, 1997).

Actualmente, la alfabetización científica y tecnológica es, más si cabe, uno de los objetivos fundamentales de la educación, lo que implica que la Enseñanza de las Ciencias no puede ceñirse al conocimiento científico-tecnológico centrado exclusivamente en leyes y teorías, sino que los objetivos educativos deben tener un enfoque más holístico que comprenda la auténtica relevancia social, incluyendo los valores éticos y democráticos que se ponen en juego cuando la ciencia y la tecnología intervienen en la sociedad (Cachapuz et al., 2005; Vázquez & Manassero, 2012). Asimismo, ante la situación de auténtica emergencia planetaria (Bybee, 1991) que vivimos, la educación requiere promover la comprensión de las situaciones reales, y conducir a un posicionamiento fundamentado y crítico de la sociedad para la justicia ambiental y social. Esto solo es posible incluyendo la dimensión CTSA en la enseñanza científica (Pérez & Bravo, 2018).

Desde hace tiempo, esta dimensión esencial de la enseñanza de las ciencias, necesariamente inseparable del ámbito de la Sostenibilidad y la Educación para la Sostenibilidad (EDS), se ha impuesto como una de las orientaciones más consensuadas por la investigación en didáctica para la enseñanza de la ciencia y la tecnología, como ponen de manifiesto numerosas investigaciones, publicaciones, congresos y jornadas que se vienen realizando en torno a este campo de investigación (Solbes & Vilches, 1997, 2004; Martins, 2000; Martins, Paixão & Marques, 2004; Vázquez, Acevedo & Manassero, 2005; Marques et al., 2008; Pereira dos Santos & Auler, 2011; Pedretti & Nazir, 2011; Aguiar, Vilches & Peixoto, 2016; Esteve & Talavera, 2020).

En este trabajo nos centramos en estudiar la evolución de dichas interacciones en didáctica de las Ciencias en los últimos años, analizando para ello las publicaciones en revistas de investigación y Congresos de Enseñanza de Ciencias desde el año 2010 en adelante. Se examina, además, la repercusión de las relaciones CTSA en la enseñanza de las Ciencias en Educación Secundaria, analizando, por una parte, el currículo de asignaturas de ciencias y tecnología y, por otra, la visión que tienen los estudiantes de la ciencia y sus conocimientos sobre las interacciones CTSA.

Contextualización teórica

Gran parte de la investigación en didáctica de las ciencias tiene una relación directa con la perspectiva CTSA. De hecho, durante su largo recorrido, el campo de estudio CTSA se ha diversificado, vinculándose al surgimiento y desarrollo de otras líneas de investigación como las Cuestiones Socio-científicas, la Naturaleza de la Ciencia y la Argumentación Científica, compartiendo objetivos, visiones y metodologías con la educación CTSA, cada vez más relacionada con la Sostenibilidad, la EDS y, más recientemente, con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) (Vilches, Gil Pérez, & Praia, 2011; Vilches & Gil Pérez, 2018). Todos ellos reconocen la importancia de la contextualización de la enseñanza de las ciencias, a través de una inmersión en la cultura científica para contribuir a mostrar una imagen más real de la ciencia y la tecnología, superando visiones descontextualizadas y vinculándolas con el entorno en el que se desarrollan. La investigación también ha venido señalando que, en la práctica, se sigue fomentando en



general una concepción aislada y descontextualizada de la ciencia, de manera que la dimensión CTSA no acaba de tenerse en cuenta, siendo frecuentemente ignorada (Solbes & Vilches, 2004; Gil & Vilches, 2005).

Dentro de este contexto, la presente investigación tiene como objetivo central estudiar cómo ha evolucionado la atención concedida a la dimensión CTSA en la educación en ciencias. En concreto, se pretende dar respuesta, entre otras, a las siguientes preguntas: ¿Qué atención presta la investigación en didáctica de las ciencias a las interacciones CTSA? ¿El currículo de asignaturas de ciencias y tecnología en los diferentes cursos de Educación Secundaria en España incorpora suficientemente las interacciones CTSA? Y por lo que se refiere a su integración en las aulas de ciencias: ¿Qué visiones de la ciencia y la actividad científica tiene el alumnado de Secundaria? ¿Conoce las relaciones CTSA?

Teniendo en cuenta investigaciones precedentes, la hipótesis que ha orientado la investigación ha sido: *Aunque la atención a las interacciones CTSA ha aumentado en general en el campo de la investigación educativa, la repercusión en la enseñanza de las ciencias en Educación Secundaria no ha seguido el mismo impulso y resulta todavía insuficiente.*

Al tratarse de una amplia investigación, nos centraremos aquí solo en una parte del trabajo realizado. En la presentación oral se mostrarán algunos diseños y resultados obtenidos en este estudio ya finalizado.

Metodología

Para la puesta a prueba de la hipótesis, se ha estudiado en primer lugar, la incorporación de la dimensión CTSA en el currículo básico de la Educación Secundaria Obligatoria (ESO) y del Bachillerato en España (BOE, 2014).

Se han empleado, además, instrumentos que han permitido analizar y comparar a lo largo de la última década (2010 a 2021) la atención prestada explícita e implícitamente a la dimensión CTSA y otros campos de investigación vinculados (EDS, Sostenibilidad, ODS, Cuestiones Socio-científicas o Naturaleza de la Ciencia) en una selección de trece revistas de reconocido prestigio en investigación e innovación en Didáctica de las Ciencias (Enseñanza de las Ciencias, Science Education, Science and Education, Eureka, etc.), así como en las contribuciones presentadas en congresos elegidos entre los más relevantes en investigación en didáctica celebrados entre 2010 y 2021, como son los *Encuentros de Didáctica de las Ciencias Experimentales (ÁPICE)*, *European Conference on Research in Science Education (ESERA)*, el *Congreso Internacional de Docentes de Ciencias y Tecnología* y el *Congreso Internacional sobre Investigación en Didáctica de las Ciencias*.

Para el caso de las revistas, el análisis se ha llevado a cabo distinguiendo dos niveles:

- Nivel I: incluye los artículos que abordan directamente la perspectiva CTSA y que incluyen explícitamente la expresión CTS, CTSA, ODS, EDS, Sostenibilidad, Cuestiones Socio-científicas o Naturaleza de la Ciencia en el título, resumen, o palabras clave, manifestando su intención de contribuir en esos ámbitos.

- Nivel II: tiene en cuenta los artículos que, aunque no contienen explícitamente las palabras seleccionadas en el nivel anterior, presentan una vinculación implícita o indirecta con el campo CTSA, al tratar aspectos relacionados con la misma.

Así mismo, se han analizado 156 trabajos de investigación (Tesis Doctorales y Trabajos de Fin de Máster) accesibles, realizados en el área de Didáctica de las Ciencias Experimentales de la Universitat de València durante veintiún años (2000 a 2021). En el análisis se ha considerado el año de presentación y la relación explícita con la perspectiva CTSA o con las temáticas vinculadas.

Por otro lado, para estudiar las visiones de los estudiantes acerca de la ciencia, se ha diseñado un cuestionario de siete preguntas abiertas, con el fin de sacar a la luz sus concepciones y en qué medida conocen las interacciones entre la ciencia y la tecnología, y el medio natural y social en que se insertan. El cuestionario se ha aplicado a una muestra de 136 estudiantes procedentes de los cursos de 1º, 2º, 3º y 4º de ESO de varios institutos públicos y colegios concertados de Valencia durante los años 2019, 2020 y 2021. Las preguntas se muestran en el cuadro 1:

Cuadro 1. Cuestionario de opiniones sobre ciencia empleado con el alumnado de Secundaria.

CUESTIONARIO OPINIONES SOBRE CIENCIA DEL ALUMNADO
<p>Este cuestionario forma parte de un estudio para conocer las opiniones de los estudiantes de Educación Secundaria sobre el papel de la ciencia en nuestras vidas. Por tanto, no hay una forma correcta o incorrecta de responder a las cuestiones. Es muy importante que tengas en cuenta las siguientes recomendaciones:</p> <ul style="list-style-type: none"> - No busques información en otras fuentes ni en otras personas. Se trata de saber tus opiniones y visiones personales. - Si no sabes qué contestar a alguna de las preguntas porque no tienes información para ello, no contestes. - Si sabes poco sobre alguna de las preguntas, responde con los conocimientos que tengas sobre el tema, toda información es válida y valiosa. <p>¡Muchas gracias por tu participación!</p>
<p>CURSO:</p> <p>GÉNERO:</p> <p>CENTRO EDUCATIVO:</p>
<ol style="list-style-type: none"> 1. Escribe cinco palabras sueltas que expresen cómo son para ti las ciencias experimentales (Física, Química, Biología, Geología, etc.) 2. Explica qué es para ti ser un buen científico. 3. ¿Qué relaciones existen entre ciencia y tecnología? 4. Indica tres o más ejemplos de influencias de la ciencia en la historia de la humanidad. 5. Indica tres o más ejemplos de influencias de la sociedad a lo largo de la historia en el desarrollo de la ciencia. 6. Indica tres o más implicaciones de la ciencia en el medio ambiente. 7. Realiza una valoración, sopesando ventajas e inconvenientes, del papel jugado por las ciencias en la vida de las personas.



Por último, para estudiar la atención concedida por parte del currículum vigente hasta el curso 2021/2022 de las asignaturas científico-tecnológicas de las etapas de Educación Secundaria y Bachillerato a las interacciones de la Ciencia con la Tecnología, la Sociedad y el Ambiente, se ha empleado un instrumento centrado en el análisis de los Estándares de Aprendizaje evaluables (EAE) de la Ley Orgánica para la Mejora de la Calidad Educativa (LOMCE) de 2013. La normativa analizada ha sido el Real Decreto 1105/2014, de 26 de diciembre, donde se estipula el currículo básico de la Educación Secundaria Obligatoria y del Bachillerato y se establecen las enseñanzas comunes mínimas para todo el Estado Español.

El análisis se ha llevado a cabo empleando un primer instrumento para contabilizar en cada bloque de cada asignatura el número de EAE seleccionados y clasificarlos según presten atención a la dimensión de la relación de la ciencia con la tecnología (CT), o de estas con la sociedad (CT/S) y el ambiente (CT/A) (ver Cuadro 2) y un segundo instrumento que ha permitido comparar la atención prestada a las relaciones CTSA por cada curso de cada asignatura científico-tecnológica, basándonos en la tasa de EAE seleccionados frente al total (Cuadro 3).

Cuadro 2. Instrumento I para el análisis de EAE en el RD 1105/2014

CURSO	ANÁLISIS ESTÁNDARES DE APRENDIZAJE EVALUABLES RD 1105/2014				
	BLOQUE	CT	CT/S	CT/A	CITA EAE

Cuadro 3: Instrumento II para el análisis de EAE en el RD 1105/2014.

		TOTAL EAE CTSA	TOTAL EAE
BIOLOGÍA Y GEOLOGÍA	BYG 1º Y 3º ESO		
	BYG 4º ESO		
	B 1º BACH		
	B 2º BACH		
	G 2º BACH		
CIENCIAS APLICADAS A LA ACTIVIDAD PROFESIONAL	CAAP 4º ESO		
FÍSICA Y QUÍMICA	FYQ 2º Y 3º ESO		
	FYQ 4º ESO		
	FYQ 1º BACH		
	F 2º BACH		
	Q 2º BACH		
CIENCIAS DE LA TIERRA Y DEL MEDIO AMBIENTE	CTMA 2º BACH		
CULTURA CIENTÍFICA	CC 4º ESO		
	CC 1º BACH		
TECNOLOGÍA	TEC 1º, 2º, 3º ESO		
	TEC 4º ESO		
	TEC INDUSTRIAL 1º BACH		
	TEC INDUSTRIAL 2º BACH		



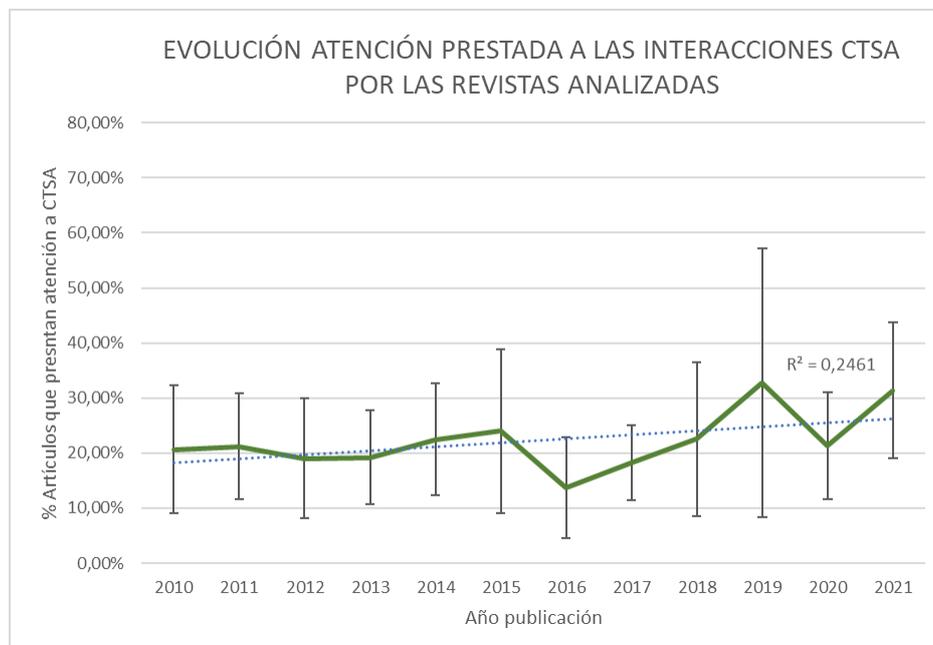
Resultados

Algunos de los resultados obtenidos muestran que:

La atención prestada a las interacciones CTSA y campos de investigación vinculados por parte de las diferentes revistas y congresos analizados a lo largo de la década ha sido importante y constante. Además, cabe señalar que, de forma general, ha seguido una leve tendencia creciente (Gráfica 1).

Asimismo, hemos caracterizado esta atención concedida por parte de las revistas, concluyendo que los campos de investigación que han experimentado un mayor desarrollo han sido los de Naturaleza de la Ciencia y Educación para la Sostenibilidad, y que esta atención se ha producido especialmente dentro del nivel de Educación Secundaria Obligatoria.

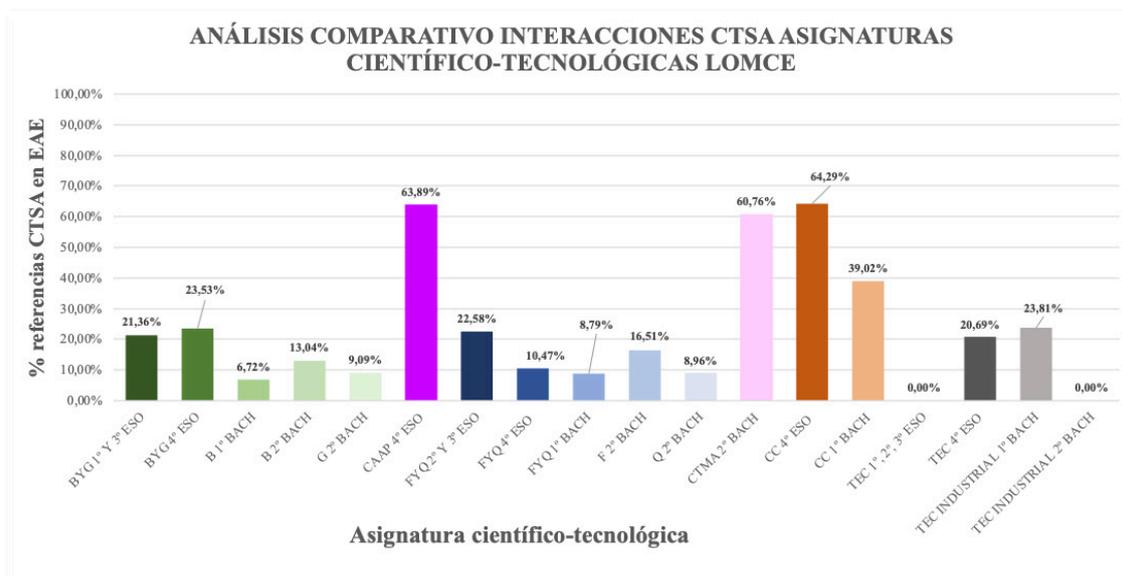
Desde los congresos de investigación en didáctica de las ciencias, se observa un mayor interés hacia el campo CTSA, seguido del de Naturaleza de la Ciencia. En este sentido, no hay que olvidar que en los dos últimos congresos ÁPICE celebrados (en 2016 y 2018) se ha dedicado una línea o eje temático a los temas CTSA. Lo mismo ocurre desde los congresos de Enseñanza de las Ciencias, donde estos ejes temáticos enfocados de forma exclusiva en los temas CTSA y vinculados han ido aumentando su número hasta ser 3 en el último congreso celebrado.



Gráfica 1. Evolución de la atención media a las interacciones CTSA de las 13 revistas de investigación en didáctica analizadas durante el periodo comprendido entre 2010 y 2021. Para cada año se muestra el porcentaje medio de artículos que se enmarcan en la dimensión CTSA con respecto al total publicado por cada revista.



El currículum estudiado presta atención a las interacciones CTSA desde prácticamente todas las asignaturas de carácter científico-tecnológico, siendo esta atención variable desde un 7% a un 65% de EAE que contienen menciones a la dimensión CTSA con respecto al total. Analizando los resultados con mayor profundidad, podemos concluir que, en general, esta atención es mayor en promedio desde las asignaturas científicas, las correspondientes al nivel de Secundaria y las de carácter optativo que en las tecnológicas correspondientes al nivel educativo de Bachillerato y de carácter troncal en el currículum (Gráfica 2).



Gráfica 2. Comparación de la atención prestada a la dimensión CTSA desde cada asignatura de carácter científico-tecnológico y para cada curso en el currículum establecido por el RD 1105/2014, de 26 de diciembre. Los porcentajes representan la proporción de EAE relacionados con la dimensión de interés con respecto al total de EAE que conforman el currículum de cada asignatura en cada curso (N = 1174).

No obstante, debemos destacar la excepción del currículum de Tecnología de los cursos de 1º a 3º de ESO, en los que no hemos encontrado ninguna referencia a la dimensión CTSA. Consideramos que esta exclusión podría estar provocando que el profesorado esté impartiendo de forma propedéutica sin mostrar una visión real del papel de la tecnología en la sociedad y el medio, lo que podría significar un alejamiento y falta de interés por parte del alumnado.

A pesar de que entre el alumnado de Secundaria que ha participado en el estudio predomina una visión neutra y positiva de la ciencia por encima de la negativa, un 62% se ha detectado que no saben explicar adecuadamente en qué consiste la actividad científica o bien recurren a características tópicas mostrando una visión completamente descontextualizada de los científicos y las científicas y del modo en que trabajan.



Un 71% del alumnado no conoce las mutuas relaciones entre la ciencia y la tecnología o bien tienen una visión errónea de las mismas, presentándolas como independientes o concibiendo a la tecnología como mera aplicación de la ciencia.

Asimismo, un 78% de los alumnos y alumnas ignoran la influencia del medio social en el desarrollo científico y tecnológico y, aunque el 54% ha sabido mencionar algún ejemplo de influencia de la ciencia en la sociedad, aproximadamente un 60% de este alumnado ha recurrido a las vacunas de forma exclusiva para explicar el papel jugado por la ciencia a lo largo de la historia de la humanidad y en la actualidad, sin ser capaces de citar más ejemplos.

Posiblemente, el mejor escenario se presenta con relación a las interacciones Ciencia-Ambiente, ya que, en este caso, un 62% de los estudiantes han sabido citar algún ejemplo de influencia positiva o negativa de la sociedad y la ciencia sobre el medio ambiente.

Conclusiones

A la vista de estos resultados, convergiendo con la hipótesis, se ha puesto de manifiesto que la atención a las interacciones CTSA y otros campos relacionados, desde la investigación educativa, ha sido relevante en la última década. Sin embargo, estos avances no se ven reflejados en las aulas ya que las relaciones CTSA siguen sin ser tenidas en cuenta en general en la enseñanza de las ciencias de forma adecuada. Esto implica la necesidad de seguir trabajando en incrementar la atención al campo CTSA, con estudiantes y docentes, con el objetivo de mejorar la educación científica, favoreciendo la formación de una ciudadanía responsable, al impulsar una concepción adecuada de la ciencia y la tecnología y su papel en la puesta en marcha de medidas que contribuyan a comprender y superar la grave crisis socioambiental. Pensamos que son requisitos fundamentales para lograr una sociedad científicamente alfabetizada, justa y sostenible.

Referencias

- Aikenhead, G. S. (1985). Collective decision making in the social context of science. *Science Education*, 69, (4), 453-475. <https://doi.org/10.1002/sce.3730690403>
- Aguiar-Santos, D., Vilches, A., & Peixoto de Brito, L. (2016). Importância concedida à CTSA e Sustentabilidade em Revistas de Investigações Científicas Educacionais no Brasil e Espanha. *Indagatio Didáctica*, 8(1), 1809-1820.
- B.O.E (2014). Real Decreto 1105/2014, de 26 de diciembre, por el que se establece el currículo básico de la Educación Secundaria Obligatoria y del Bachillerato. <https://www.boe.es/boe/dias/2015/01/03/pdfs/BOE-A-2015- 37.pdf>.
- Bybee, R. W. (1991). Planet Earth in crisis: how should science educators respond? *The American Biology Teacher*, 53(3), 146-153.
- Cachapuz, A., Gil- Pérez, D., Pessoa, A. M., Praia, J., & Vilches, A. (2005). A necessária renovação do Ensino das Ciências. São Paulo: Cortez Editores.



- Esteve, A., & Talavera, M. (Ed.) (2020). *Veinte años de avances y nuevos desafíos en la Educación CTS para el logro de los Objetivos de Desarrollo Sostenible*. Trabajos científicos del VII Seminario Iberoamericano CTS. València: Universitat de València. https://aia-cts.web.ua.pt/wp-content/uploads/2020/12/VII_SIACTS_IIBRO-DE-ACTAS.pdf
- Gil, D., & Vilches, A. (2005). Inmersión en la cultura científica para la toma de decisiones ¿realidad o mito? *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 2(3), 302-329. http://dx.doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2005.v2.i3.02
- Marques, R., Pedrosa, A., Paixao, F., Martins, I., Caamaño, A., Vilches A., & Martín Díaz, M. J. (Coord.) (2008). *Ciencia, Tecnología y Sociedad en la Enseñanza de las Ciencias. Educación Científica y desarrollo Sostenible*. V Seminario Ibérico/ I Iberoamericano de CTS no Ensino das Ciências, Aveiro: Universidade de Aveiro.
- Martins, I. (Coord.) (2000). *O Movimento CTS na Península Ibérica*. Aveiro: Universidade de Aveiro.
- Martins, I., Paixão, F., & Marques Vieira, R. (Eds.) (2004). *Perspectivas Ciência-Tecnologia-Sociedade na Inovação da Educação em Ciências*. Aveiro: Universidade de Aveiro.
- Pedretti, E., & Nazir, J. (2011). Currents in STSE education: Mapping a complex field, 40 years on. *Science Education*, 95(4), 601-626. <https://doi.org/10.1002/sce.20435>
- Pereira dos Santos, W., & Auler, D. (Org.) (2011). *CTS e Educação científica, desafio, tendências e resultados de pesquisa*, Brasília: Editora Universidade de Brasília (UdB).
- Pérez Martín, J. M., & Bravo Torija, B. (2018). Experiencias para una alfabetización científica que promueva la justicia ambiental en distintos niveles educativos. *Revista Internacional de Educación para la Justicia Social (RIEJS)*. 7(1), 119-140.
- Solbes, J., & Vilches, A. (1997). STS interactions and the teaching of physics and chemistry. *Science Education*, 81(4), 377-386. [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1098-237X\(199707\)81:4%3C377::AID-SCE1%3E3.0.CO;2-9](https://doi.org/10.1002/(SICI)1098-237X(199707)81:4%3C377::AID-SCE1%3E3.0.CO;2-9)
- Solbes, J., & Vilches, A. (2004). Papel de las relaciones entre ciencia, tecnología, sociedad y ambiente en la formación ciudadana. *Enseñanza de las ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas*, 22(3), 337-347. <https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.3868>
- Vázquez, A., Acevedo, J. A., & Manassero, M. A. (2005). Mas allá de una enseñanza de las ciencias para científicos: hacia una educación científica humanística. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 4(2).
- Vázquez, A., & Manassero, M. A. (2012). La selección de contenidos para enseñar naturaleza de la ciencia y tecnología (parte 1): Una revisión de las aportaciones de la investigación didáctica. Una revisión desde los currículos de ciencias y la competencia PISA. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 9(1), 32-53.
- Vilches, A., & Gil-Pérez, D. (2018). La educación para la Sostenibilidad: un instrumento esencial para la necesaria reorientación de la formación inicial y continua del profesorado. En Cachapuz, A., Neto, A. S. y Fortunato, I. (org.) *Formação inicial e continuada de professores de ciências: o que se pesquisa no Brasil, Portugal e Espanha*. São Paulo: Edições Hipótese. ISBN 978-85-60127-00-9. Capítulo XIV, pp. 299-317.
- Vilches, A., Gil Pérez, D., & Praia, J. (2011). De CTS a CTSA: Educação por um futuro sustentável, em Pereira dos Santos e Auler (Organizadores), *CTS e Educação científica, desafio, tendências e resultados de pesquisa*, Brasília: Editora Universidade de Brasília (UdB). Capítulo 6, bilingüe, português Pp. 161-184, español Pp. 185-209. ISBN: 978-85-230-1306-6.
- Yager, R. E. (Ed.) (1996). *Science/technology/society as reform in science education*. Albany: State University of New York Press.