

C/S

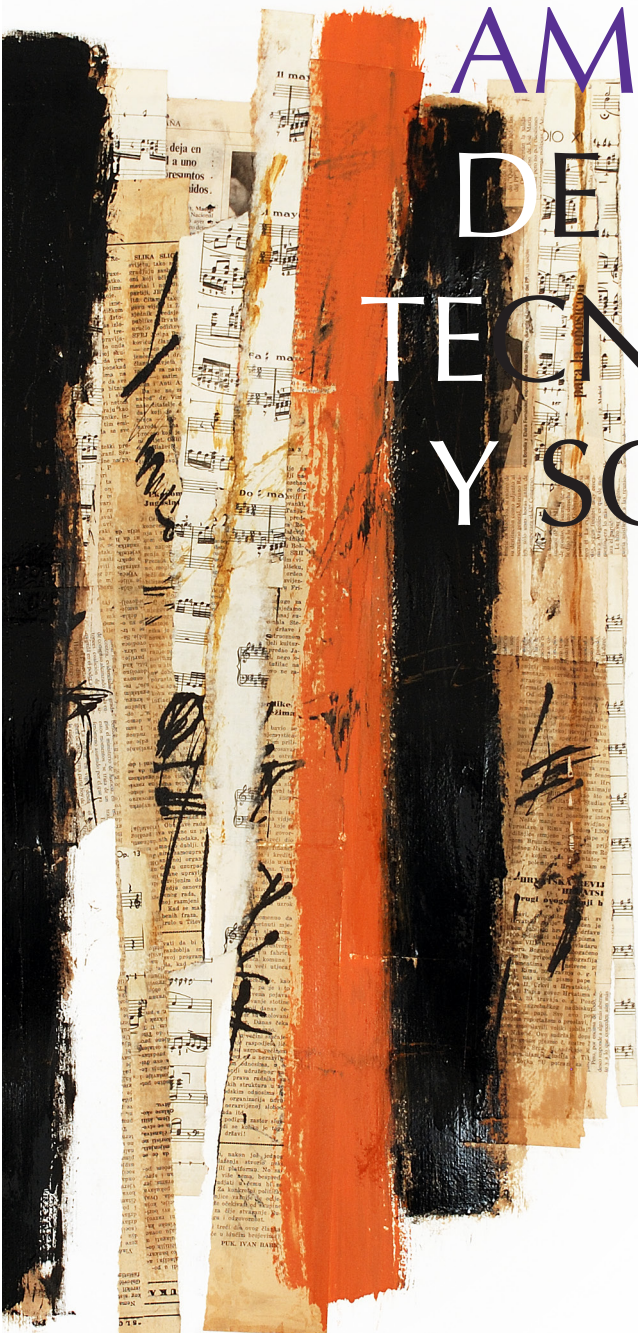
REVISTA  
IBERO

AMERICANA  
DE CIENCIA,  
TECNOLOGIA  
Y SOCIEDAD

noviembre 2022

volumen 17  
ISSN 1850-0013

51





**REVISTA IBEROAMERICANA  
DE CIENCIA, TECNOLOGÍA  
Y SOCIEDAD**

A stylized logo consisting of the letters 'C' and 'S' rendered in a bold, calligraphic, brush-stroke style. The 'C' is on the left and the 'S' is on the right, both written with thick, black, expressive strokes that have a slightly irregular, hand-drawn appearance.

### **Dirección Editorial**

Ana Cuevas Badallo (España)

### **Consejo Editorial**

Mario Albornoz (Argentina), Marta Isabel González García (España), José Antonio López Cerezo (España), Miguel Ángel Quintanilla (España), Maria de Lurdes Rodrigues (Portugal), Carlos Alberto Vogt (Brasil)

### **Comité Asesor**

Norma Blazquez Graf (México), Fernando Broncano (España), Rosalba Casas (México), María de los Ángeles Erazo Pesántez (Ecuador), Javier Echeverría (España), Ana Estany (España), María Elina Estébanez (Argentina), Noemí Girbal-Blacha (Argentina), Regina Gusmão (Brasil), Hernán Jaramillo Salazar (Colombia), Diego Lawler (Argentina), Santiago M. López (España), José Luis Luján (España), Marta Macho-Stadler (España), Bruno Maltrás Barba (España), Isabel P. Martins (Portugal), Emilio Muñoz Ruiz (España), Jorge Núñez Jover (Cuba), Simone Pallone (Brasil), Eulalia Pérez Sedeño (España), Carmelo Polino (Argentina), Fernando Porta (Argentina), Ana Romero de Pablos (España), Francisco Sagasti (Perú), José Manuel Sánchez Ron (España), María Teresa Santander (Chile), Judith Sutz (Uruguay), Jesús Vega Encabo (España), Judith Zubieta García (México)

### **Secretaría Editorial**

Manuel Crespo

### **Diseño y diagramación**

Jorge Abot y Florencia Abot Glenz

## ***Revista Iberoamericana de Ciencia, Tecnología y Sociedad –CTS***

### **Edición cuatrimestral**

ISSN: 1668-0030 - ISSN *online*: 1850-0013

Volumen 17 - Número 51

Noviembre de 2022

### **Secretaría Editorial**

Observatorio Iberoamericano de la Ciencia, la Tecnología y la Sociedad (OCTS) de la OEI  
Paraguay 1510

(C1061ABD) – Buenos Aires, Argentina

Tel./Fax: (54 11) 4813-0033/0034

Correos electrónicos: [secretaria@revistacts.net](mailto:secretaria@revistacts.net) - [revistacts@gmail.com](mailto:revistacts@gmail.com)

*CTS* es una revista académica interinstitucional del campo de los estudios sociales de la ciencia y la tecnología. Publica trabajos originales e inéditos que abordan las relaciones entre ciencia, tecnología y sociedad, desde una perspectiva plural e interdisciplinaria y con una mirada iberoamericana, y es editada por la Organización de Estados Iberoamericanos para la Educación, la Ciencia y la Cultura (OEI), la Universidad de Salamanca (España), el Centro REDES (Argentina), la Universidad de Campinas (Brasil) —a través de Labjor— y el Instituto Universitario de Lisboa (Portugal). La Secretaría Editorial está a cargo del Observatorio Iberoamericano de la Ciencia, la Tecnología y la Sociedad (OCTS) de la OEI.

### **CTS está incluida en:**

Dialnet

EBSCO (Fuente Académica Plus)

International Bibliography of the Social Sciences (IBSS)

Latindex

Latindex Catálogo 2.0

Red de Revistas Científicas de América Latina y el Caribe (REDALYC)

SciELO

Red Iberoamericana de Innovación y Conocimiento Científico (REDIB)

European Reference Index for the Humanities and Social Sciences (ERIH PLUS)

*CTS* forma parte de la colección del Núcleo Básico de Revistas Científicas Argentinas y cuenta con el Sello de Calidad de Revistas Científicas Españolas de la Fundación Española para la Ciencia y la Tecnología (FECYT).



Los números de *CTS* y sus artículos individuales están bajo una licencia de Creative Commons Reconocimiento 4.0 Internacional.



Índice

**Editorial** 5

**Artículos**

**A alta relevância de temas socioambientais na percepção Mecanismos cooperativos en la implementación de políticas de ciencia y tecnología: Un análisis del LENERSE desde los sistemas asociativos complejos** 3  
María Elena Giraldo Palacio y Ezequiel Zárate Toledo 9

**Comparación de metodologías de medición de la calidad en la educación universitaria**  
Claudia Partal, María Tatiana Gorjup y Hernán Vigier 37

**Dossier: *La mirada CTS en la educación***

**Presentación**  
Isabel P. Martins y Mariano Martín Gordillo 71

**La naturaleza de la ciencia en las metas de aprendizaje de las sucesivas reformas curriculares en España: un análisis desde la tradición CTS**  
Antonio García-Carmona 77

**Ideas de futuros profesores de secundaria sobre la naturaleza de la ciencia para la elaboración de criterios formativos en este ámbito**  
Juan José Vicente, Natalia Jiménez-Tenorio y José María Oliva 95

**Del CTSA educativo a la ambientalización del contenido y la formación ciudadana ambiental**  
Diana Lineth Parga Lozano 117

<b>Pensamento crítico e criativo para uma educação ciência-tecnologia-sociedade</b> Céline Tenreiro-Vieira e Rui Marques Vieira	141
<b>Ciência cidadã e educação CTS/CTSA: perspectivando contributos, desafios e oportunidades</b> Carla Morais	157
<b>FACTS: uma ferramenta CTS para avaliação de processos e produtos na educação científica</b> Denise de Freitas, Mariana dos Santos, Alice Helena Campos Pierson e Genina Calafell	179
<b>El papel de los proyectos de investigación con enfoque CTS en el diseño de un nuevo modelo de currículo de ciencias en Panamá</b> Blanca Puig, Luis Fernández López, María Heller, Lineth Campos Romero y Krystel Del Rosario	203
<b>Educación alimentaria con enfoque CTS en Argentina</b> Damián Lampert y Silvia Porro	221
<b>Educação CTS e as pesquisas acadêmicas do Núcleo Interdisciplinar de Estudos e Pesquisas em CTS (NIEPCTS): estado do conhecimento de 2011 a 2022</b> Maria Delourdes Maciel, Ricardo Pereira Sepini, Sonia Aparecida Cabral e Everton Joventino da Silva	243
<b>CTS en la educación en ingeniería: aportes de la Red de Ingeniería, Tecnología y Sociedad</b> Javier Jiménez Becerra y Jorge Rojas-Álvarez	265
<b>Orientações ciência, tecnologia e sociedade (CTS) e pensamento crítico no ensino de ciências: compreensões tecidas a partir do mapeamento de pesquisas brasileiras</b> Rosilene dos Santos Oliveira, Bruna Marques Duarte, Neide Maria Michellan Kiouranis e Luciano Carvalhais Gomes	285
<b>Ilusión algorítmica y culturas examinadoras. Dos casos paradigmáticos: la EBAU y el examen MIR</b> Mariano Martín Gordillo y Ángela Martín Carranza	307
<b>Sobre este volumen</b>	
<b>Evaluadores del volumen 17</b>	335

Ana Cuevas \*

Cualquier intento de solución ante los problemas a los que debemos enfrentarnos ha de pasar por una mejor educación. Comenzar así esta editorial es una manifestación directa y sin ambages del valor que otorgamos a esa tarea. Si bien es cierto que no todas las situaciones conflictivas o controvertidas se solucionan únicamente a través de lo que se enseña en nuestros sistemas educativos, lo que no parece muy discutible es que, sin mejorar la educación, o sin mejorar los recursos que en ella se invierten, podamos afrontar el presente convulso y la incertidumbre que el futuro nos depara.

5

Esto es algo que ya hace 17 años señalaban Isabel P. Martins y Mariano Martín Gordillo, los mismos coordinadores que han puesto en marcha este número monográfico sobre educación y CTS que abrimos ahora. En el número de 2005, que llevaba por título “Educación y CTS”,<sup>1</sup> se abordaba la necesidad de que los sistemas educativos prestasen atención a las cuestiones CTS. En la presentación, los coordinadores señalaban: “(...) no es exagerado afirmar que el futuro del desarrollo tecnocientífico depende, en cierta medida, del presente de la educación en ciencia y tecnología”. Y ya estamos en ese futuro. Los estudiantes que en aquel momento se estaban formando en las etapas educativas obligatorias son nuestros jóvenes profesionales, científicas e ingenieros, médicas y enfermeros, así como los jóvenes ciudadanos que forman nuestras sociedades. Muchas cosas han cambiado desde entonces. El interés por la formación en carreras técnicas tales como ingenierías y arquitectura ha continuado descendiendo en los últimos años, algo que todavía es más marcado incluso entre las estudiantes. Las estrategias negacionistas y pseudocientíficas cada vez tienen

---

\* Directora editorial.

1. Disponible en: <http://www.revistacts.net/contenido/numero-6/presentacion-3/>.

mayor difusión, gracias en cierta medida a ciertos desarrollos tecnológicos, como las redes sociales, pero también a creaciones tales como las *deepfakes*. El incremento de casos de enfermedades mentales entre nuestros jóvenes, derivado de la situación de incertidumbre pospandemia, es cada vez más alarmante. La posverdad se ha convertido en una estrategia bastante extendida entre algunos sectores políticos. Y ante esos retos al menos una parte de la solución debe basarse en una mejor educación CTS y en un mayor hincapié en el desarrollo de un pensamiento crítico, dos de los temas en los que se centra este número especial. Porque, si bien es imprescindible mejorar los conocimientos que los ciudadanos tenemos acerca de la ciencia y la tecnología, tan o más necesario es disponer de elementos que nos permitan distinguir entre la buena información y la posverdad, entre la evidencia y la invención maliciosa o sesgada. Y para ello nada mejor que entrenar la capacidad crítica.

Este dossier cuenta con 12 artículos que son el resultado del trabajo conjunto de 31 autores, lo que atestigua que también dentro de los estudios CTS se va imponiendo la publicación en colaboración. Asimismo, contamos con la participación de autores de diversos países latinoamericanos, mostrando así el músculo de los estudios CTS a nivel regional. Estamos muy orgullosos de mantener la tradición de publicar en los dos idiomas oficiales de la revista, potenciando de esta manera la difusión de los conocimientos en nuestras lenguas. Como ya hemos comentado en otras ocasiones, nuestra publicación quiere abrirse a todo el público, y no quisiéramos que a la complejidad de los temas tratados se añadiese la barrera lingüística.

6

Confiamos en que los lectores van a disfrutar mucho con este dossier, y estamos seguros de que dentro de unos años haremos balance y certificaremos que ha contribuido a la difusión y el análisis de temas necesarios y pertinentes, tal y como lo hizo el número que se publicó hace 17 años.

En el apartado de miscelánea, publicamos dos artículos, uno escrito por María Elena Giraldo Palacio y Ezequiel Zárate Toledo, en el que se analiza el Laboratorio en Energías Renovables del Sureste (LENERSE). Este laboratorio tiene la peculiaridad de haberse formado dentro de una estructura colaborativa, una forma de organización que permite generar sinergias que de otro modo serían imposibles. En el segundo artículo, escrito en este caso por Claudia Partal, María Tatiana Gorjup y Hernán Vigier, se comparan tres metodologías utilizadas para medir la calidad de la educación superior. La necesaria certificación de la calidad educativa se ha convertido en un asunto de gran prioridad para nuestros sistemas educativos, pero también para las sociedades en las que estos se desenvuelven. Los autores muestran cómo los modelos de evaluación dejan de lado un aspecto crucial: las dimensiones de orden social.

Estos dos artículos completan un número que esperamos sea de interés para la comunidad de los investigadores en *CTS*, así como para los educadores y para todos aquellos que estén sensibilizados con estas problemáticas.



ARTÍCULOS *C/S*



**Mecanismos cooperativos en la implementación de políticas de ciencia y tecnología: un análisis del LENERSE desde los sistemas asociativos complejos \***

**Mecanismos cooperativos na implementação de políticas de ciência e tecnologia: uma análise de LENERSE a partir da perspectiva de sistemas associativos complexos**

***Cooperative Mechanisms in the Implementation of Science and Technology Policies: An Analysis of LENERSE from the Perspective of Complex Associative Systems***

**María Elena Giraldo y Ezequiel Zárate Toledo \*\***

En este artículo se analiza el Laboratorio en Energías Renovables del Sureste (LENERSE), iniciativa pionera en la investigación científica sobre esta temática, a partir de una estructura colaborativa. La pregunta de investigación indagaba sobre las condiciones que han permitido a este laboratorio generar mecanismos cooperativos, para cumplir su propósito central, en tanto instrumento de política científica y tecnológica regional. El marco teórico fue el de los sistemas asociativos complejos, enfoque de la gobernanza centrado en comprender los esfuerzos asociativos entre actores vinculados alrededor de un propósito común. La metodología de la investigación fue cualitativa y se basó en un estudio de caso. Se encontró que, si bien se comparten objetivos e intercambios que han mantenido integrada la red conformada, existen tensiones derivadas de la falta de liderazgo y representación, la heterogeneidad entre los miembros y la presión impuesta por los mecanismos de evaluación científica tradicional y tecnocéntrica. Para los actores involucrados en esta experiencia, se han logrado resultados destacables relativos a la generación de capacidades de oferta científica y tecnológica en energías renovables. Sin embargo, existen retos importantes para ampliar la participación social y política del laboratorio en los procesos regionales de transición energética.

**Palabras clave:** energías renovables; políticas de ciencia y tecnología; gobernanza; sistema asociativo complejo

---

\* Recepción del artículo: 18/04/2021. Entrega de la evaluación final: 03/09/2021. El artículo pasó por una instancia de corrección y reevaluación.

\*\* *María Elena Giraldo*: profesora asociada, Universidad Nacional Autónoma de México (ENES Mérida). Responsable del proyecto PAPIIT IA301820. Correo electrónico: elena.giraldo@enesmerida.unam.mx. *Ezequiel Zárate Toledo*: profesor de asignatura, Universidad Nacional Autónoma de México (ENES Mérida). Investigador del proyecto PAPIIT IA301820. Correo electrónico: ezequiel.zt@enesmerida.unam.mx.

Este artigo analisa o Laboratório de Energias Renováveis do Sudeste (LENERSE), uma iniciativa pioneira na pesquisa científica sobre o tema, baseada em uma estrutura colaborativa. A questão de pesquisa indagou sobre as condições que permitiram a este laboratório gerar mecanismos de cooperação, para cumprir seu propósito central, como instrumento de política científica e tecnológica regional. O referencial teórico foi o dos sistemas associativos complexos, uma abordagem de governança focada na compreensão dos esforços associativos entre atores ligados em torno de um propósito comum. A metodologia da pesquisa foi qualitativa e baseou-se em um estudo de caso. Constatou-se que, embora sejam compartilhados objetivos e trocas que têm mantido a rede formada integrada, há tensões derivadas da falta de liderança e representatividade, da heterogeneidade entre os membros e da pressão imposta pelos mecanismos tradicionais e tecnocêntricos de avaliação científica. Para os atores envolvidos nesta experiência, resultados notáveis têm sido alcançados em relação à geração de capacidades de oferta científica e tecnológica em energias renováveis. No entanto, há desafios importantes para ampliar a participação social e política do laboratório nos processos regionais de transição energética.

**Palavras-chave:** energias renováveis; políticas científicas e tecnológicas; governança; sistema associativo complexo

*This article analyzes the Southeast Renewable Energy Laboratory (LENERSE, due to its initials in Spanish), a pioneer initiative in scientific research on this topic, based on a collaborative structure. It inquires about the conditions that have allowed this laboratory to generate cooperative mechanisms to fulfill its main purpose as an instrument of regional scientific and technological policy. The theoretical framework is that of complex associative systems, a governance approach focused on understanding the associative efforts among actors linked around a common purpose. The research methodology was qualitative and based on a case study. It was found that, although there are shared objectives and exchanges that have kept the network integrated, there are also tensions derived from the lack of leadership and representation, heterogeneity among members and the pressure imposed by traditional and technocentric scientific evaluation mechanisms. For the stakeholders, remarkable results have been achieved, related to the generation of scientific and technological supply capacities in renewable energies. However, there are important challenges to broaden the social and political participation of the laboratory in the regional processes of energy transition.*

**Keywords:** renewable energies; science and technology policies; governance; complex associative system

## Introducción

Este trabajo parte del interés de un grupo de investigación en analizar los procesos de gobernanza establecidos en el desarrollo de políticas de ciencia, tecnología e innovación (PCTI) para contribuir a la solución de la crisis de energía fósil, considerada como una de las problemáticas socioambientales más relevantes de la sociedad capitalista contemporánea. Se parte de que la atención al tema de la energía sustentable es, a nivel global, muy reciente como componente de las PCTI, correspondiendo a un proceso dominado por el sector privado. En el caso de México, los esfuerzos de la investigación científica no han tenido una incidencia directa en el desarrollo tecnológico que acompaña la llamada transición energética, toda vez que en el ámbito gubernamental no existe una articulación intersectorial efectiva entre la cartera de energía y la de ciencia y tecnología. Pero tampoco se ha logrado una articulación entre diferentes sectores de la sociedad: político, científico, empresarial y social para desarrollar un proyecto coordinado hacia el desarrollo tecnológico y el uso de energías renovables. Por lo anterior, el enfoque de la gobernanza resulta fundamental en la nueva orientación que deben seguir las políticas de este sector, tanto para promover una mayor intersectorialidad al interior del gobierno, como una participación más plural de diversos actores sociales.

Al igual que otros países de América Latina, México se había caracterizado por mantener un liderazgo mundial en la difusión de tecnologías en energías renovables. Sin embargo, esta situación cambió en el actual gobierno (2018-2024), llamado de la “Cuarta Transformación”, que se propuso recuperar la producción eléctrica nacional mediante el aumento en el uso de combustibles fósiles, a tal grado que, según algunos analistas, el país ha perdido competitividad en el desarrollo de proyectos de este tipo de energías.<sup>1</sup> Pese a esta situación, los niveles de experimentación e innovación energética en algunos países de América Latina respecto a otros continentes son mayores, debido a la cantidad y variedad de proyectos de energías renovables en curso (Bresciani, 2019; Howe *et al.*, 2015). Ello contribuiría a pensar en los retos comunes que enfrenta la región respecto a este cambio tecnológico, resultando de gran importancia enfatizar en las políticas tecnológicas y de innovación orientadas a la transición energética.

En el escenario mexicano, la política que dio pie a la explotación de energías renovables es muy joven aún, iniciándose oficialmente en 2007, y se ha caracterizado por el desarrollo de megaproyectos de carácter tecnocéntrico que no han considerado los factores ambientales, socioculturales y económicos de los territorios donde estas iniciativas se han puesto en marcha (Zárate y Fraga, 2016). En el contexto de implementación de las energías renovables, la península de Yucatán es un lugar estratégico. Factores como el déficit de producción de electricidad, el crecimiento económico sostenido y el cambio climático la han convertido en uno de los territorios con mayor expansión de este tipo de proyectos en el país. En la primera subasta

---

1. Para más información, véase: <https://www.eleconomista.com.mx/empresas/Mexico-perdido-liderazgo-en-generacion-eolica-en-Latam-GWEC-20210524-0029.html>.

eléctrica de 2016, por ejemplo, nueve de los 18 megaproyectos aprobados fueron asignados al estado de Yucatán: cuatro eólicos y cinco fotovoltaicos. Y de acuerdo con algunos autores, de 2012 a la fecha, la Comisión Reguladora de Energía ha autorizado 14 proyectos eólicos y 13 proyectos fotovoltaicos en la península (Sánchez *et al.*, 2019).

El fenómeno de la gobernanza se manifiesta en múltiples escalas sociopolíticas que abarcan el nivel macro (nacional o internacional), el meso (regional o local) y el micro (de una organización o un conjunto de organizaciones). El trabajo aquí presentado se orientó a estudiar la gobernanza en este último nivel, atendiendo al interés por estudiar los mecanismos de colaboración generados en el Laboratorio de Energías Renovables del Sureste (LENERSE), iniciativa pionera en el desarrollo tecnológico de energías renovables en esa región del país, con una trayectoria de 12 años. De acuerdo con la visión de los responsables de este proyecto, la misión del laboratorio ha sido “impulsar la implementación de las energías renovables en la región Sureste, mediante el desarrollo de tecnologías, la investigación científica, la vinculación con el sector privado, la formación de recursos humanos y la divulgación” (LENERSE, 2017, p. 2). Se trata de un instrumento configurado como un “laboratorio sin paredes” que ha buscado conjuntar los esfuerzos científicos, mediante una estructura interinstitucional entre universidades, centros de investigación y dependencias del gobierno federal y estatal en la península de Yucatán.

12 El LENERSE ha transitado por dos grandes fases. En la primera -que comienza en 2009-, el primer objetivo era “crear una red regional de investigadores en energía renovable” (eólica, solar y tecnología de hidrógeno) mediante una colaboración interinstitucional (Smith, 2010). En la segunda fase -2017 hasta la actualidad-, se ha reconocido que los primeros años permitieron “la colaboración y el fortalecimiento de la comunidad científica en la región especialista en el tema, y como producto de este trabajo previo, hoy en día algunas de las instituciones ahora involucradas continúan trabajando de manera conjunta en el desarrollo de otros proyectos colaborativos. Sin embargo, existe la necesidad de consolidar al LENERSE en la región sureste con el sector público y privado, y establecer los mecanismos necesarios para que sea un referente nacional” (LENERSE, 2017, p. 1). En ese marco se observa que, al menos en el plano discursivo, el fundamento de este laboratorio ha sido el de crear y fortalecer capacidades interactivas para contribuir al desarrollo tecnológico de las energías renovables. Por tanto, centra su atención en el potencial asociativo de sus miembros.

El marco analítico de la investigación se basó en la propuesta de los sistemas asociativos complejos (SAC) de Luna y Velasco (2017), la cual se constituye en un enfoque sugerente para comprender los procesos de gobernanza, es decir, los mecanismos de colaboración que se dan en redes conformadas por diversos actores que interactúan con el fin de buscar soluciones a un problema común.<sup>2</sup> Estos autores plantean un modelo conceptual de SAC orientado a comprender los esfuerzos

---

2. Los autores agradecen las valiosas aportaciones de Matilde Luna para el refinamiento de este trabajo.

asociativos resultantes de la integración entre actores con un grado importante de autonomía, pero también de interdependencia. Lo anterior significa que cada uno requiere cooperar con los otros para alcanzar ciertos objetivos y, como resultado, se genera una tensión que hace dinámica la construcción de acuerdos y estrategias para lograr el sostenimiento de la red, que alcanza el estatus de un SAC cuando adquiere un alto grado de cohesión y de estabilidad en el tiempo (Luna y Chávez, 2014).

La pregunta de investigación indagaba sobre cuáles han sido las condiciones que le han permitido al LENERSE activar, o no, mecanismos cooperativos para cumplir su propósito central, en tanto instrumento de PCTI regional en el área de las energías renovables. En particular, el interés era conocer cómo opera la red conformada, tanto en su dimensión política (liderazgo y toma de decisiones) como en su dimensión social (cohesión de la red), y vislumbrar los resultados que ha alcanzado, en términos del desempeño funcional (logro de los objetivos trazados) y el desempeño asociativo (capacidades colaborativas generadas). Se partía del supuesto de que la investigación científica mediante redes de colaboración entre actores diversos permitiría generar mejores resultados en cuanto a la comprensión e incidencia en la problemática a la que dirigen su atención. Por tanto, se buscaba validar hasta qué punto el caso estudiado se acercaba a la construcción conceptual de los SAC. Desde la perspectiva del ciclo de las políticas públicas -que involucra las fases de: a) definición del problema; b) formulación de la política; c) implementación; y d) evaluación (Parsons, 2007, p. 11; Subirats *et al.*, 2008)-, el análisis se centró en las fases de implementación y evaluación.

Metodológicamente, en este artículo se analiza el LENERSE como un estudio de caso que es emblemático respecto al papel que cumple (y puede cumplir) una red entre instituciones científicas y del gobierno, en el desarrollo de conocimientos tecnológicos sobre las energías renovables, en un contexto territorial. Este laboratorio se considera un SAC debido a que se configura como una estructura asociativa multisectorial que busca cumplir un papel importante en el desarrollo de energías renovables, extendiendo sus vínculos con las empresas, para su producción, y con la sociedad, para promover el uso de este tipo de tecnologías. Además, porque corresponde a una red de colaboración entre actores heterogéneos (universidades, institutos tecnológicos y centros de investigación de tres entidades federativas, con distintos marcos institucionales), asociados con el gobierno federal y estatal que han provisto el financiamiento de la iniciativa. A su vez, se trata de una experiencia caracterizada por un alto grado de interdependencia entre sus miembros, en recursos y conocimientos, para cumplir su propósito. Es decir, la complejidad del LENERSE como sistema asociativo no radica en la gran cantidad de actores involucrados o en su sofisticada estructura organizacional, sino en las múltiples identidades, los objetivos y los intercambios generados para lograr su propósito.

Este artículo se estructura en cinco apartados. En el primero se realiza la discusión teórica sobre las energías renovables como campo para el análisis de las PCTI en el marco de la gobernanza. En el segundo se presenta la estrategia metodológica de la investigación realizada. En el tercero se expone el desarrollo que ha tenido el LENERSE y los aspectos que lo caracterizan como un SAC. En el cuarto se analizan los mecanismos de colaboración mediante los cuales opera la red conformada. En el

quinto se discuten los resultados logrados por el laboratorio. Por último, se exponen algunas reflexiones sobre los hallazgos de esta investigación.

## **1. Las energías renovables como campo emergente de las políticas de ciencia y tecnología desde el enfoque de la gobernanza**

En esta sección se realiza la discusión teórica de tres conceptos relacionados para el análisis: la ecología política de las energías renovables como campo de fuerzas en el que se desarrolla este sector; las políticas de ciencia y tecnología y su reciente orientación a las problemáticas socioambientales; y los sistemas asociativos complejos como enfoque de la gobernanza para analizar los mecanismos cooperativos entre actores diversos.

### **1.1. La ecología política de las energías renovables: de lo global a lo local**

El primer shock petrolero de los años 70 del siglo XX había conducido a muchos países europeos a desarrollar grandes programas de explotación de carbón y energía nuclear. En ese contexto, las energías renovables eran movilizadas por los ecologistas de algunos países (Alemania y Dinamarca, principalmente) para llevar a cabo una crítica a los sistemas energéticos convencionales. Estos movimientos buscaban cambiar las relaciones de poder instauradas por los macrosistemas energéticos asociados al carbón, el petróleo y el uranio. A diferencia de esa época, durante la cual se les veía como un freno al progreso técnico y al desarrollo económico, hoy en día las energías renovables son consideradas como tecnología de punta, creadora de empleos, de controversias políticas y cooperación industrial. Se han instaurado en el campo mediático y en las agendas políticas de gobiernos y organizaciones internacionales (Ebrard, 2013).

En su libro *Contra viento y mareas, políticas de energías renovables en Europa*,<sup>3</sup> Aurélien Evrard analiza de modo comparativo cómo las energías renovables se integraron a la producción de electricidad en diferentes países de Europa. Para este autor, los promotores de las energías renovables han encarado un largo proceso de luchas para abrirse caminos en el mercado eléctrico dominado por los actores tradicionales (carbón, petróleo, energía atómica). Desde la década de 1970, las energías renovables han puesto sobre la mesa la oposición de dos modelos de gestión de la energía: el *hard energy path* vs. el *soft energy path*. Para Evrard, el primero se organiza por criterios meramente económicos: la oferta de la energía. Promueven una fuente de energía dominante, un sistema de producción centralizado y una organización monopolística del sector. A la inversa, la segunda alternativa, propuesta por las energías renovables, reposa sobre criterios ambientales –uso razonado de recursos naturales–, una aproximación centrada en la demanda, la diversificación de las fuentes de energía, un sistema de producción descentralizado y una organización pluralista del sector eléctrico (diversos actores que producen y distribuyen la electricidad).

---

3. Traducción de los autores al título de Evrard (2013).



Después de más de dos décadas de presencia y crecimiento sostenido de producción de electricidad, las transformaciones que inicialmente portaban las energías renovables son limitadas. Los proyectos actuales de energías renovables se han conformado con las normas del sector eléctrico, apoyando la gestión centralizada de energía. Por esa razón, de acuerdo con Evrard, no es sorprendente que el desarrollo de estos proyectos genere oposición social. Siguiendo estas ideas, se pueden distinguir dos escenarios de conflicto que acompañan el desarrollo de estos tipos de energía: la primera tiene que ver con las luchas de estas energías para encontrar su lugar en el sector tradicional de la electricidad; la segunda refiere a las resistencias de las poblaciones locales en contra de los proyectos. Denominamos estos dos campos de lucha como la ecología política de las energías renovables.

Por su parte, Fortin *et al.* (2013) hablan de tres dinámicas constitutivas de la ecología política de la energía eólica en las cuales se ha interesado la literatura sobre el tema. Un primer punto refiere a la producción industrial de la tecnología y su enraizamiento en las configuraciones nacionales complejas. A este respecto podemos notar algunos países en los que se construyó una red productiva (concretamente de turbinas) que se acompañó de un mercado de consumo estable (Dinamarca, España y Alemania). Los países “retrasados” de este desarrollo (en el caso particular de Europa: Francia, Inglaterra, Italia y otros) intentan constituir un nicho industrial doméstico a través de estrategias como la importación de tecnologías y la atracción de empresas, entre otras, para aumentar los beneficios locales. El segundo punto se refiere a las políticas públicas que los diferentes países ponen en marcha para conformar un mercado eléctrico sostenible para las energías renovables; es decir, los mecanismos que conforman las estructuras institucionales del mercado de estas energías.

15

El tercer punto de tensión que marca la ecología política de las energías renovables refiere al rol creciente de la internacionalización de una industria que se ha vuelto global. El sector de las energías renovables -eólico y solar- se organiza en torno al liderazgo tecnológico de algunos países que controlan su industria doméstica (Alemania, Dinamarca, España, India, Estados Unidos y China) y exportan hacia los países retrasados (Francia, Reino Unido y el resto del mundo). La globalización genera una masificación de instalaciones, inversiones y empresas internacionales que promueven un *hard path* cuya cúspide de desarrollo son las instalaciones *offshore* (Szarka, 2007). Sin embargo, esta internacionalización de la industria eólica debe emplazarse en el marco de las economías nacionales. Por un lado, las innovaciones tecnológicas y su difusión pasan por empresas transnacionales que conservan un lazo estrecho con las economías locales. Por otro lado, es posible notar una diversidad de arreglos nacionales que dan vida al desarrollo de las energías renovables y que constituyen su fuerza motriz: la formación simultánea de la oferta y la demanda de diferentes mercados de las energías renovables, y la herencia remarcable de las trayectorias tecnológicas específicas de cada estado nacional en relación con la explotación de distintas fuentes de energía. Esto nos lleva a recontextualizar radicalmente las energías eólica y solar, vistas no tanto como un *hard fact* material frente a lo social, sino como un *soft fact* donde los factores sociales preexistentes juegan un rol fundamental en el desarrollo de estas tecnologías (Fortin *et al.*, 2013).

En México, el gobierno ha promovido diferentes instrumentos de política para el desarrollo de la industria de las energías renovables. En anteriores administraciones, la Secretaría de Energía (SENER) y el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) pusieron en marcha los llamados Centros Mexicanos de Innovación en Energías (CEMIES), que buscaron posicionar al sector científico en el desarrollo de diferentes tipos de energías. Los resultados de dichos programas son una tarea pendiente por evaluar. Actualmente, CONACYT desarrolla programas que buscan incentivar la colaboración entre dichos actores. Uno de ellos es el Programa Nacional Estratégico (PRONACE) en Energía y Cambio Climático, que pretende desarrollar capacidades científicas y sociales para acompañar este cambio, en el marco de la justicia y la sustentabilidad, además de resolver las necesidades de energía de las poblaciones desfavorecidas. Para lograrlo, se convoca a colaborar a las comunidades, organizaciones civiles y sectores productivos y académicos. Se trata de una propuesta novedosa, que sin embargo tampoco es posible evaluar aún, porque está en fase de desarrollo.<sup>4</sup>

16

El LENERSE se inscribe en esta dinámica y se ha enfocado a desarrollar conocimiento y tecnologías locales para adaptarse a las dinámicas globales. En su segunda etapa (2017-2021), se ha financiado mediante un instrumento de fortalecimiento institucional para la sustentabilidad energética de SENER-CONACYT, que precede a los ya mencionados, y se ubica dentro de los llamados Fondos Sectoriales de Energía, en concreto, del fideicomiso Fondo Sectorial CONACYT-SENER-Sustentabilidad Energética. Este fondo estaba dirigido a “financiar proyectos de investigación científica y tecnológica aplicada, la adopción, innovación, asimilación y desarrollo tecnológico, en materia de fuentes renovables de energía, eficiencia energética, uso de tecnologías limpias, y diversificación de fuentes primarias de energía” (CONACYT-SENER, 2010a). Por su parte, los Fondos Sectoriales buscaban “fortalecer las capacidades tecnológicas, institucionales y de talento en la academia, sociedad e industria”. Este instrumento se desarrollaba mediante un programa de investigación muy amplio organizado en distintas temáticas tales como: eficiencia energética, energías renovables, tecnologías limpias y diversificación de fuentes. A su vez, definió cuatro objetivos estratégicos, cada uno con distintas estructuras de financiamiento, dentro de las cuales el fortalecimiento institucional correspondía al rubro de desarrollo de capacidades.

Los términos de referencia de la convocatoria para el fortalecimiento institucional estipulan un rubro enfocado a “describir los mecanismos, acciones y recomendaciones concretas que permitan la transferencia, asimilación, adopción y aplicación de los resultados” (CONACYT-SENER, 2010b). Sin embargo, como se observó en esta investigación, la transferencia y uso de estos conocimientos representa un desafío que deben asumir los actores académicos, productivos y del gobierno, involucrados en estos procesos. Muestra de ello es que las políticas de explotación de energías renovables en México se desarrollaron al margen de las PCTI, lo cual es, de hecho, una tendencia global. Esta situación impone un reto para generar mayores interacciones

---

4. Para más información, véase: [https://www.conacyt.gob.mx/images/ciencia\\_sociedad/notas\\_informativas/pronaces\\_transicion.pdf](https://www.conacyt.gob.mx/images/ciencia_sociedad/notas_informativas/pronaces_transicion.pdf).

intersectoriales, mediante mecanismos de gobernanza en el sector energético, en diferentes niveles, y la necesidad de conferirle una mayor participación a actores como el LENERSE, para involucrarlos más activamente en las decisiones políticas sobre la transición energética. Además, sobresale la discontinuidad en la implementación de los instrumentos de política del sector energético, que han estado al vaivén de cada administración en turno, lo cual afecta el sostenimiento de iniciativas, como la que se analiza en este trabajo.

## 1.2. Políticas de ciencia y tecnología y problemas socioambientales

Las políticas de ciencia y tecnología surgieron en lo posguerra con el fin de vincular la ciencia y la tecnología al desarrollo económico de las naciones (Salomon, 1974). La concepción de las PCTI se ha venido modificando en función de la concepción dominante sobre la utilidad social del conocimiento; se considera que, en América Latina, los contenidos han sido implantados en forma acrítica y tardía, muchas veces impuestos de manera coercitiva por organismos internacionales o comunidades epistémicas (Velho, 2011). Es por esto que, en el subcontinente, estas políticas se han adoptado o adaptado en mayor o menor medida a cada contexto y se traducen en instrumentos operativos que son funcionales al tipo de política que se pretende realizar (Emiliozzi, Lemarchand y Gordon, 2011).

Las PCTI han sido cuestionadas por orientarse cada vez más al crecimiento económico, sin responsabilizarse por los impactos nocivos que los productos tecnocientíficos han generado, generalmente asociados a la extracción de los recursos naturales, para reforzar los ciclos de acumulación del sistema capitalista (Olivé, 2012). Por esta razón, en el siglo XXI la sociedad civil viene reclamando la necesidad de dar un giro a las PCTI para vincularlas a temáticas críticas y urgentes de atender como la inclusión social, el respeto por la diversidad cultural y los conocimientos locales y la sustentabilidad ambiental (Velho, 2011; Parra y Cadena, 2010). Tales cuestiones han sido retomadas en propuestas como la del Science Research Policy Unit (SPRU), que se preocupan por alinear las PCTI a los Objetivos del Desarrollo Sostenible (ODS), a fin de que incidan en una transformación de las sociedades (Schot y Steinmueller, 2016).

El reto que imponen estas demandas requiere, por un lado, que el sector científico y tecnológico actúe de manera articulada e intersectorial con otras carteras de gobierno, como la de energía, que interesa destacar aquí; y, por otro lado, involucrar diferentes perspectivas, tanto en el diseño de la agenda de política como en su implementación. En últimas, se trata de democratizar un sector que tradicionalmente ha sido dominado por las élites políticas, científicas y económicas, con el fin de abrirlo a la participación de grupos sociales que históricamente han estado excluidos de estos procesos (Cozzens, 2007). En consecuencia, se hace cada vez más apremiante promover la elaboración de las PCTI en un marco de gobernanza, para que puedan contribuir de manera más significativa a la solución de diferentes necesidades sociales y ambientales.

Esto resulta crucial para la energía, aspecto que, según algunos autores, se constituye en el problema más importante del siglo XXI. Como lo señala la literatura, las decisiones energéticas son tomadas por las empresas, los Estados y los grupos

de expertos, alejando a la ciudadanía de estos procesos, aunque, en realidad, las decisiones energéticas -como afirmamos arriba- son decisiones sociotecnológicas porque los sistemas energéticos concretizan relaciones de poder y formas de organización social (Rumpala, 2013; Evrard, 2013).

Un último aspecto a destacar es la importancia de encaminar la construcción de PCTI a partir de un esquema *bottom-up* (Casas, 2014). Desde esta perspectiva, la cuestión territorial se pone en el centro de la agenda y se promueve la necesidad de que las regiones generen capacidades endógenas. En tal sentido, se busca fomentar una mayor articulación entre los diferentes niveles de gobierno, y a su vez, promover la generación de instrumentos de política más adaptados a cada contexto socioterritorial. En el análisis del LENERSE aquí presentado, se destacan los “laboratorios sin paredes” como instrumentos de política científica regional que permiten establecer sinergias entre instituciones de educación superior (IES),<sup>5</sup> mediante el desarrollo de mecanismos cooperativos, para generar proyectos de investigación conjunta que trascienden el espacio físico, haciendo uso de una infraestructura instrumental común y fomentando el diálogo intercientífico alrededor de problemáticas particulares del territorio (SIIDETEY, 2012; Wulf, 1989).

### 1.3. La gobernanza desde el enfoque de los sistemas asociativos complejos

El marco de la gobernanza ha ganado cada vez más importancia en el análisis de diferentes fenómenos sociales y políticos. En el caso de la PCTI su incorporación es reciente y corresponde a la intención de incrementar las conexiones entre ciencia y tecnología y sus posibilidades para contribuir a la solución de problemáticas sociales, económicas y ambientales. La gobernanza busca romper los tradicionales esquemas verticales y cerrados en la toma de decisiones públicas, para abrirse a otros más horizontales y participativos. Aunque existen múltiples interpretaciones y usos del concepto de la gobernanza, en este artículo se considera que puede existir con o sin la presencia del Estado (Kooiman, 2003), y por tanto se constituye en un “método más inclusivo y cooperativo para la solución de problemas comunes por diversos actores, no necesariamente estatales” (Luna y Chávez, 2014, p. 189).<sup>6</sup> Como se ha dicho, el análisis de la gobernanza que aquí se presenta se realiza en una escala micro; es decir, referida a las redes establecidas entre organizaciones que se vinculan entorno al interés por incidir en el desarrollo tecnológico de las energías renovables.<sup>7</sup>

5. En este artículo se entienden por IES las universidades, los institutos tecnológicos y los centros de investigación científica.

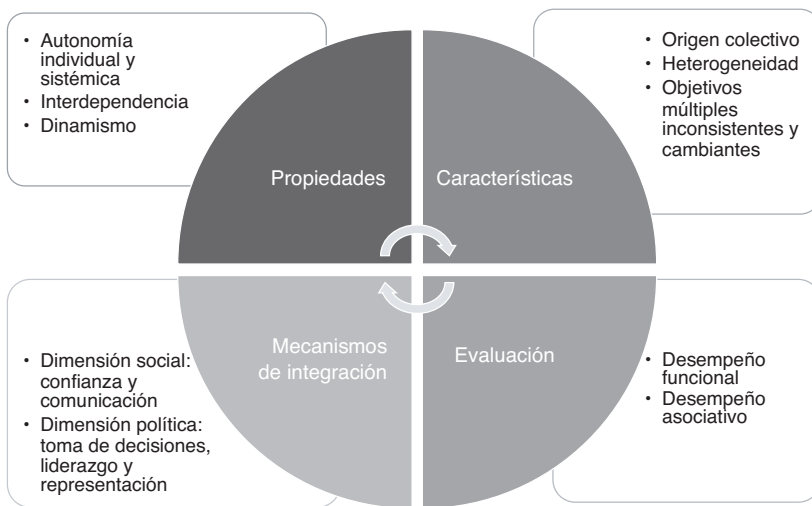
6. En este trabajo se usarán como equiparables de los SAC los conceptos de entidad o red.

7. Otro enfoque desde el cual se podrían analizar las estructuras de organización científica es el propuesto por Michel Polanyi (2010), quien plantea que los investigadores se organizan de manera policéntrica, como un orden espontáneo ante la ausencia de una autoridad o presión externa. Sin embargo, el laboratorio que aquí se analiza depende de la planificación centralizada, porque los recursos provienen de la federación. Además, lo que interesa comprender es cómo operan los procesos colectivos de investigación resultantes de la PCTI, más allá de las investigaciones individuales donde existe otro margen de libertad. Empujando más este enfoque, Ostrom (2010) propuso la gobernanza policéntrica que también es un marco de análisis sugerente. La obra de esta autora, de hecho, es tomada por Luna y Velasco (2017) como uno de los referentes teóricos que anteceden la propuesta de los SAC.

Los SAC son redes de gobernanza caracterizadas por la convergencia de múltiples iniciativas de actores heterogéneos, que interactúan para cumplir un propósito colectivo, logrando un alto grado de autonomía e interdependencia. Así, mientras la homogeneidad puede generar comportamientos predatorios, se considera que la heterogeneidad conlleva relaciones cooperativas y complementarias. En este tipo de entidades coexisten actores con diferentes identidades, valores y recursos que les generan cierta independencia, pero a su vez un grado importante de dependencia respecto a los recursos de los otros, para resolver sus problemas y necesidades, por lo que ningún miembro podría atender los asuntos de la red por sí solo. La coexistencia de autonomías individuales e interdependencia genera una tensión entre la cooperación y el conflicto, conllevando un equilibrio inestable en las dinámicas de la red (Luna y Velasco, 2017). Al mismo tiempo, los SAC no están subordinados a ninguna organización en particular, lo que significa que pueden tomar decisiones y definir objetivos constreñidos por sus propias reglas (autonomía sistémica), a partir de una estructura de autoridad flexible y horizontal que adaptan para lograr su sostenimiento.

En la **Figura 1** se ilustran las dimensiones y los criterios analíticos de este modelo conceptual, el cual fue adaptado para sistematizar los hallazgos del caso de estudio del LENERSE.

**Figura 1. Modelo conceptual de los SAC**



Fuente: elaboración propia a partir de Luna y Velasco (2017)

Los mecanismos cooperativos en los SAC son analizados en las dimensiones social y política, que suponen una serie de factores para asegurar la cohesión de la red. Estos sistemas operan gracias a la confianza que facilita la cooperación cuando las reglas

son débiles. La confianza puede darse en un plano personal (amistad), por prestigio (reconocimiento y respeto) o por estrategia (beneficios mutuos de los intercambios) (Luna, 2003). Otro factor esencial en la integración de la red es el logro de una buena comunicación, que en presencia de actores heterogéneos requiere de la traducción, para crear un “lenguaje común” que permita mantener el diálogo. Ambos factores se ubican en una dimensión social.

De otro lado, la cohesión se asegura mediante un esquema horizontal en la toma de decisiones, generado mediante la deliberación, la negociación y el consenso, el cual ayuda a retener a los miembros y a preservar su autonomía e identidad. Asimismo, el éxito en la estructura de las decisiones requiere de formas y principios de representación que ayudan a formar una autoridad bajo esquemas no tradicionales, pues no todas las decisiones se toman por consenso debido a que pueden ser urgentes o puntuales, y por tanto son tomadas por grupos específicos (liderazgo asociativo complejo). La autoridad se construye mediante el liderazgo, en el cual la reputación y el prestigio dependen de la capacidad para articular diferentes concepciones, intereses y lenguajes, respetando la autonomía de cada miembro. Estos factores constituyen la dimensión política de los SAC.

Finalmente, los resultados de estas entidades, en tanto redes de colaboración, se evalúan por su desempeño funcional y asociativo. El primero, involucra la evaluación de resultados en términos de la eficiencia (balance de costos y beneficios) y eficacia (logro de objetivos). El segundo implica el resultado de la asociación; esto es, de las capacidades interactivas que permitan incrementar y extender las redes de acción pública, para contribuir socialmente con nuevos arreglos de cooperación (nuevas asociaciones y aprendizaje colectivo), generando legitimidad para incidir en el área de política en el que se interesa.

Nuestro análisis del LENERSE consideró la mayoría de elementos del modelo de los SAC para obtener una visión panorámica sobre el caso que permitiera profundizar, en estudios posteriores, sobre ciertos criterios analíticos enunciados aquí (por ejemplo, la confianza o el liderazgo).

## 2. Estrategia metodológica

La investigación realizada fue de corte cualitativo y de tipo exploratorio y estuvo basada en un caso de estudio. Como técnica para la generación de información empírica, se acudió al desarrollo de entrevistas semiestructuradas a actores clave en el desarrollo del laboratorio y de la participación del sector académico en el contexto de las energías renovables en la península de Yucatán, buscando obtener diferentes perspectivas que permitieran triangular la información generada.<sup>8</sup> El guion diseñado para las entrevistas se estructuró en cuatro secciones y veinte preguntas. Algunos de los reactivos se aprecian en la **Tabla 1**.

---

8. Los testimonios y perspectivas presentadas en este trabajo no comprometen la posición institucional sobre el desarrollo del LENERSE.

**Tabla 1. Ejemplos de los reactivos del guion de entrevistas**

<p><b>Características</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. ¿Cómo fue el proceso de conformación del LENERSE?</li> <li>2. ¿Cuál es su propósito principal? ¿Ha cambiado en el tiempo?</li> <li>3. ¿Cuál es la estructura organizacional del LENERSE? ¿Esta estructura es funcional?</li> </ol> <p><b>Propiedades</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>4. ¿Cuáles son las principales motivaciones de su grupo para colaborar con los otros miembros?</li> <li>5. ¿Qué vinculaciones se han dado con las empresas? ¿Y con otros actores sociales?</li> </ol> <p><b>Mecanismos de integración</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>6. ¿Cómo se toman las decisiones estratégicas respecto al funcionamiento del laboratorio?</li> <li>7. ¿Son adecuadas las formas de comunicación para tomar las decisiones?</li> <li>8. ¿Existe confianza entre los miembros del LENERSE? ¿Cómo se manifiesta?</li> </ol> <p><b>Evaluación</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>9. ¿Cuáles son los principales logros que ha tenido el laboratorio?</li> <li>10. ¿Cuáles han sido los obstáculos más relevantes en su desarrollo?</li> <li>11. ¿Qué aprendizajes les ha dejado el trabajo colaborativo en esta experiencia?</li> </ol>
--

Fuente: elaboración propia

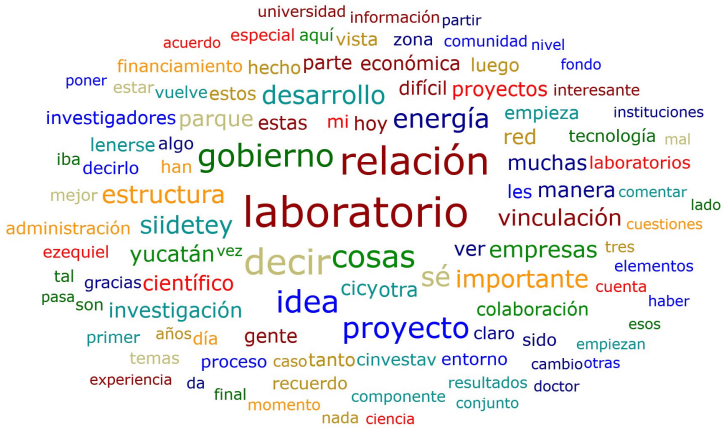
Se realizaron entrevistas a investigadores y directivos de las dos instituciones que han liderado la iniciativa (CICY y CINVESTAV), del gobierno estatal (SIIES) y del sector productivo local (empresa de energía solar); esta última ofreció una visión externa sobre el papel de los actores científicos en el sector de las energías renovables.<sup>9</sup> Las entrevistas se realizaron entre el 28 de julio y el 21 de septiembre de 2020, y se realizó una última en noviembre de 2021, con el fin de actualizar el desarrollo que ha tenido la iniciativa de manera reciente. La duración de las conversaciones fue de entre una y dos horas y debido a las restricciones por la contingencia sanitaria se efectuaron de manera virtual. Este proceso permitió obtener información amplia y valiosa sobre la experiencia, cubriendo los diferentes criterios analíticos de los SAC, hasta lograr una saturación teórica mediante los datos obtenidos. También se realizó investigación documental, mediante el acopio de documentos oficiales y hemerográficos para contrastar y complementar la información proporcionada por los informantes.

Las entrevistas se grabaron, posteriormente se transcribieron en su totalidad y se analizaron mediante el software Atlas.ti. (**Figura 2**). Los datos resultantes se sistematizaron, incluyendo una codificación abierta, a partir de las narrativas de los informantes y, posteriormente, de una codificación axial (Coffey y Adkinson, 2005), entrecruzando 22 códigos asociados a los criterios analíticos del modelo conceptual

9. Para más información, véanse las citas en la bibliografía final.

de los SAC (Tabla 2). Debido a los testimonios brindados por los informantes, que en algunos casos incluyeron información confidencial, en este trabajo se decidió mantener su anonimato.

Figura 2. Nube de palabras de una entrevista



Fuente: obtenido de Atlas.ti a partir de entrevistas transcritas

Tabla 2. Codificación de entrevistas

DIMENSIÓN	CONCEPTO PRINCIPAL	CONCEPTO ASOCIADO
Propiedades	1. Autonomía individual	
	2. Autonomía colectiva (sistémica)	3. Estructura organizacional
	4. Interdependencia	5. Recursos
	6. Dinamismo	7. Proceso evolutivo
Características	Origen colectivo y heterogeneidad de los miembros	8. Heterogeneidad
	Objetivos (múltiples, inconsistentes y cambiantes)	9. Origen
	11. Escasa institucionalización	10. Objetivos
Mecanismos de integración	12. Confianza	13. Mecanismos de colaboración
	14. Comunicación	15. Traducción
	16. Toma de decisiones	
	17. Liderazgo y representación	
Evaluación	18. Desempeño asociativo	19. Vinculación con empresas
		20. Vinculación con gobierno
		21. Vinculación con sociedad
	22. Desempeño funcional	

Fuente: elaboración propia



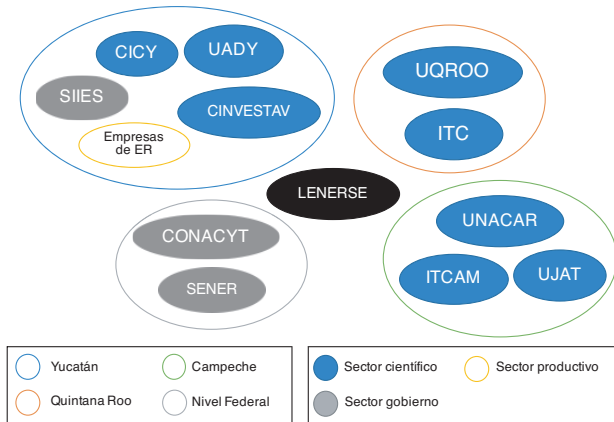
### 3. El LENERSE como un sistema asociativo complejo

#### 3.1. Origen y evolución del laboratorio

El LENERSE es una iniciativa gestada en 2009 que contó con la participación de ocho IES (Smith, 2010) y una activa participación del gobierno regional.<sup>10</sup> Según los entrevistados, corresponde a la interacción virtuosa entre investigadores del área de energías renovables del CICY y el CINVESTAV de Yucatán, que buscaba congregarse científicos de los estados de Campeche, Quintana Roo y Tabasco (IA4, 18/08/20).<sup>11</sup> Para sus fundadores, se trataba de un “proyecto bandera” porque se correspondía con una “estrategia novedosa e innovadora” en el contexto en el cual surge, cuando en el entorno nacional no existían instrumentos como los CEMIES o los laboratorios nacionales y el sureste no estaba posicionado por sus capacidades científicas y desarrollo tecnológico de las energías renovables (IA1, 28/07/20).

Actualmente, en esta iniciativa se reconocen como socios siete IES, el gobierno estatal -en especial, la Secretaría de Investigación, Innovación y Educación Superior del Estado de Yucatán (SIIES)- y el gobierno federal, representado por el CONACYT y la Secretaría de Energía (SENER), que han participado con recursos y lineamientos para su operación. En la **Figura 3** se aprecia la estructura de miembros asociados al LENERSE desde la perspectiva territorial y sectorial. Aunque la vinculación con el sector productivo no se ha formalizado, es posible considerar la existencia de nexos más o menos débiles que se han dinamizado con el tiempo.

**Figura 3. Miembros asociados al LENERSE**



Fuente: elaboración propia

10. Las IES participantes eran el Centro de Investigación Científica de Yucatán (CICY), el Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional (CINVESTAV), la Universidad Autónoma de Yucatán (UADY), el Instituto Tecnológico de Cancún (ITC), la Universidad de Quintana Roo (QROO), la Universidad Autónoma del Carmen (UNACAR), el Instituto Tecnológico de Campeche (ITCAM) y la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco (UJAT).

11. Es de señalar que ambos centros de investigación han generado importantes capacidades científicas regionales desde su creación, en 1980.

El LENERSE es coordinado por el CICY y se ha desarrollado en dos grandes etapas. La primera, con el apoyo de recursos del Fondo Institucional de Fomento Regional para el Desarrollo Científico, Tecnológico y de Innovación (FORDECYT), promovido por el CONACYT (2009-2013) (IA1, 28/07/20; IA4, 18/08/20). Se considera que el principal resultado de esta primera fase fue la creación de mecanismos de colaboración académica, que permitieron el fortalecimiento de la comunidad científica dedicada a la investigación en este campo (LENERSE, 2017). Y la segunda (2017-actualidad) se ha desarrollado gracias a la financiación obtenida mediante el fondo sectorial de la SENER-CONACYT ya mencionado. En esta fase se planteó entre otros objetivos, consolidar esta iniciativa incentivando los vínculos con el sector público y privado y el desarrollo de actividades de divulgación y educación en el uso de energías renovables.

Es de señalar que los montos de financiamiento obtenidos en ambos proyectos son cuantiosos, lo cual ha permitido realizar inversiones en capital físico y humano, incluyendo la construcción de un edificio del LENERSE en el Parque Científico y Tecnológico de Yucatán, por parte del CICY (IA5, 31/08/20; IA2, 06/08/20; IA1, 28/07/20).<sup>12</sup> En estas instalaciones se cuenta con equipos que permiten los análisis de punta de diferentes tecnologías desarrolladas en el marco del proyecto actual (IA7, 24/11/20). Esta iniciativa representa así un impulso importante para la propia puesta en marcha del proyecto regional del parque (IA5, 31/08/20), una de las iniciativas más importantes en materia de política científica del estado de Yucatán, en la última década (Giraldo, 2019). Sin embargo, también se generan capacidades en las IES de los otros Estados, especialmente mediante la creación de maestrías y doctorados en energías renovables, gracias a lo cual hoy en día en los tres Estados de la península hay oferta de posgrados en el área (IA1, 28/07/20). Al momento del cierre de este trabajo, esta etapa se encontraba en proceso de terminación y se planteaba finalizar su ejecución en marzo de 2022. Aunque este proyecto se ha enfrentado a situaciones adversas como el cambio de administración del gobierno federal o la pandemia por coronavirus, es destacable el logro de los productos comprometidos (IA7, 24/11/21).

24

### 3.2. El LENERSE entre la autonomía, la interdependencia y el dinamismo

Como se ha visto, el origen del laboratorio es colectivo y está soportado en las redes de colaboración entre instituciones asentadas en Yucatán, como el CICY, el CINVESTAV y la UADY con el gobierno estatal, que luego se extendieron a otras IES de Campeche y Quintana Roo. Este origen se sustenta en el propio discurso de la PCTI, que en el entorno yucateco se ha caracterizado por enfatizar en los mecanismos de gobernanza entre los sectores del gobierno y el científico, los cuales se materializan en el Sistema de Investigación, Innovación y Desarrollo Tecnológico de Yucatán (SIIDETAY) (Giraldo, 2018). En tal sentido, la idea de crear “laboratorios sin paredes” se materializa en el caso del LENERSE, el cual es antecedido por otras iniciativas de este tipo como las bibliotecas o la difusión de posgrados (IA5, 31/08/20). Pero este laboratorio se constituye en la primera iniciativa en investigación científica que logró ponerse en marcha a partir de una estructura colectiva, lo cual lo constituye en un caso muy

---

12. El monto asignado para la primera fase (Proyecto FORDECYT) fue de \$1.577.210 (aproximadamente) y el de la segunda fase (Proyecto SENER-CONACYT) es de \$2.337.250 USD (aproximadamente).

interesante respecto a lo que sucede en la implementación de políticas científicas de tipo colaborativo. Su origen colectivo también genera una identidad regional. Uno de los informantes indicó que todos se han identificado como región sureste, lo cual les ha permitido siempre participar en bloque (IA1, 28/07/20).

En el laboratorio participan alrededor de 55 investigadores especializados en energías renovables, de las siete IES asociadas (IA1, 28/07/20). En este caso, la heterogeneidad está matizada por la disparidad entre sus socios. Un entrevistado señaló al respecto que algunos grupos débiles se han beneficiado de haberse unido a grupos fuertes de investigación (IA5, 31/08/20). Según otro testimonio, los investigadores con menor experiencia han sido acompañados por los que están más consolidados, impulsando a que los primeros generen sus propios conocimientos en energías renovables (IA1, 28/07/20).

Asimismo, el consorcio ha evidenciado las asimetrías regionales entre los tres estados que conforman la península, en cuanto a las capacidades científicas y tecnológicas (IA5, 31/08/20), donde se observa una mayor fortaleza de Yucatán, respecto a Quintana Roo y a Campeche. Otro aspecto de la heterogeneidad corresponde a las diferencias entre las IES que participan en esta iniciativa, por ejemplo, en términos de las reglas de operación disímiles y a veces contradictorias, de centros de investigación, universidades e institutos tecnológicos, lo cual ha representado un reto en la operación administrativa y financiera de los proyectos, que exige mayores capacidades de coordinación entre los miembros de las diferentes instituciones. Estos procesos de acoplamiento en ocasiones rebasan las propias capacidades de cada institución, que a su vez se rigen por el Convenio de Administración por Resultados (CAR) del fondo sectorial de la SENER, el cual regula la gestión del CICY como institución responsable ante el gobierno federal (IA7, 24/11/21).

25

La heterogeneidad entre los miembros del LENERSE coexiste con su alto grado de autonomía, lo cual se ilustra en la creación de programas de posgrado en las diferentes instituciones que se impuso sobre la idea original de crear un posgrado interinstitucional. De igual forma, se han respetado las diferentes líneas de investigación de los miembros, procurando mantener la diversidad de áreas de especialidad en energías renovables a las cuales responden los diferentes grupos (IA1, 28/07/20). Otra característica de la autonomía es la existencia de cierta libertad para mantenerse o salirse del consorcio, lo cual se limita a los compromisos asumidos en los proyectos que han otorgado la financiación. Así, por ejemplo, aunque ha existido estabilidad entre las IES que son miembros del laboratorio, en la segunda fase la UJAT ya no estuvo vinculada.

El LENERSE también tiene un grado importante de autonomía colectiva, que se ilustra en su modelo organizacional, el cual opera a partir de subproyectos que vinculan investigadores alrededor de los diferentes tipos de energías renovables que se desarrollan.<sup>13</sup> Esta organización por subproyectos, que busca la conformación de

---

13. La estructura del LENERSE se conforma por seis subproyectos: 1) coordinación del proyecto; 2) energía solar; 3) energía eólica; 4) hidrógeno; 5) celdas; y 6) sistemas híbridos (LENERSE, 2017).

grupos especializados en diferentes tipos de energía, genera una suerte de organización horizontal que facilita a cada institución mantener su autonomía y vincularse con las otras mediante acuerdos, tanto de recursos asignados como de compromisos, todo lo cual es establecido de manera temporal en el marco del desarrollo de los proyectos que han permitido la financiación de este emprendimiento.

A su vez, la cohesión de la red logró mecanismos de financiamiento más robustos y estableció proyectos que integran diversas líneas de investigación, lo cual no podrían realizar de manera aislada cada uno de los miembros, evidenciando un importante grado de interdependencia. Para un investigador, la posibilidad de establecer estas colaboraciones motiva la continuidad del laboratorio; por ejemplo, cuando una institución dispone de los equipos y la otra de los conocimientos especializados en un tipo de energía, dando lugar a posibilidades futuras de investigación (IA3, 18/08/20).

Adicionalmente, existe una alta interdependencia entre el sector científico y el gubernamental para el desarrollo del proyecto. Así, se observa que mientras se han mantenido los flujos financieros, se ha logrado cierta estabilidad en el desarrollo de las actividades; por el contrario, cuando han escaseado estos recursos, se ha generado inestabilidad. Esta condición ha mostrado que, para dar continuidad a esta iniciativa, se requiere de otras fuentes de financiamiento, considerando que la “segunda fase” ya está por terminar, y existe incertidumbre sobre la sostenibilidad del consorcio. Por tanto, para algunos actores se requiere lograr la autosuficiencia del laboratorio mediante su vinculación con el sector productivo (IA5, 31/08/20).

26

Otra característica importante del LENERSE, desde el enfoque de los SAC, es la existencia de objetivos múltiples y cambiantes, los cuales en el discurso han mantenido su esencia, aunque han venido madurando durante el proceso evolutivo que ha tenido el proyecto durante más de diez años de desarrollo. Para un informante, la aspiración de LENERSE era conjuntar las capacidades científicas del territorio en términos energéticos y ponerlas en interacción, para que el *expertise* de un sector pudiera empujar a otros (IA3, 18/08/20). Esta idea sugiere que la importancia de los mecanismos cooperativos intersectoriales como base para la operación del laboratorio permanece como propósito esencial, aunque la ausencia de un liderazgo del consorcio haya dificultado potenciar estas sinergias, como se ampliará más adelante.

Existen otros objetivos particulares que han cambiado durante el desarrollo de la iniciativa, producto del propio dinamismo del sistema. Así, propósitos iniciales como el de crear la infraestructura necesaria para la investigación se han ampliado a otros relacionados con la implementación de las tecnologías desarrolladas y la generación de nuevas líneas de investigación; por ejemplo, la integración de sistemas híbridos y el desarrollo de actividades de divulgación sobre el uso de las energías renovables. Aunque algunos de estos planteamientos se han establecido en el discurso, en la práctica no han logrado llevarse a cabo porque se ha priorizado en las actividades científicas y de desarrollo tecnológico de corte más tradicional (IA2, 06/08/20).

#### 4. Mecanismos cooperativos del LENERSE

En esta sección se analizan las condiciones en las que han operado los mecanismos cooperativos del LENERSE; es decir, los procesos de gobernanza del sistema, en su dimensión social (confianza y comunicación) y política (toma de decisiones y liderazgo y representación). En cuanto a la dimensión social, la confianza está basada tanto en las relaciones personales que se sostienen entre los investigadores del consorcio como en la confianza estratégica entre grupos de trabajo e instituciones; pero también responde al prestigio que se ha generado alrededor del desempeño de la red. Las relaciones de amistad son un aspecto fundamental en la cohesión entre sus miembros. Un investigador describe la confianza como un detonador de la colaboración, brindando un testimonio sobre el trabajo conjunto con otro colega que redundó en una muy buena amistad, la cual afianzó una más estrecha interacción (IA4, 18/08/20).

La confianza basada en el prestigio se expresa en hechos como la financiación lograda mediante los fondos SENER-CONACYT, que se atribuye en parte al reconocimiento que ha alcanzado la iniciativa. Para un entrevistado, las autoridades de gobierno reconocen la capacidad de evolución del laboratorio durante más de diez años en los cuales se han mantenido trabajando juntos y generando resultados (IA1, 28/07/20). Por último, la confianza estratégica ha facilitado la colaboración entre los miembros del LENERSE, que, como se ha dicho, se basa en la apuesta de la política científica del Estado de Yucatán para crear sinergias territoriales. Uno de los entrevistados indicó que cuando se concreta la idea del SIIDETHEY, uno de sus principales componentes fue el de la colaboración, para lograr la complementariedad entre las instituciones que se asociaron para conformarlo (IA5, 31/08/20). Pese a ello, esta confianza se ha visto quebrantada en ocasiones por las tensiones entre los intereses de cada socio.

Uno de los aspectos donde se observa un déficit es el de la comunicación, que se esperaba que fuera efectiva dado que corresponde principalmente al diálogo entre actores científicos de áreas de conocimientos afines. Sin embargo, se encontró que la comunicación entre los grupos de investigación que conforman el laboratorio exige un proceso de traducción para expresarse con un lenguaje común, lo cual no siempre se logra. En ese sentido, un científico resaltó que ha sido difícil escucharse y entenderse por la distancia entre temas, lo cual implica un esfuerzo en la interlocución y también por parte de quien modera las conversaciones (IA3, 18/08/20). Este es otro aspecto que denota la necesidad de fortalecer el liderazgo de la red. Para este informante, la presión por los mecanismos de evaluación tradicional al que son sometidos, limita además las posibilidades de generar más espacios para intercambiar ideas y opiniones (IA3, 18/08/20).

En cuanto a la dimensión política de la gobernanza del LENERSE, se aprecia que ha existido un esfuerzo importante del equipo para lograr horizontalidad en la toma de decisiones, especialmente en cuanto a la organización de los grupos de trabajo, las diferentes líneas de investigación que integran el laboratorio y los objetivos comprometidos en cada fase. De acuerdo con un testimonio, el mayor logro fue ponerse de acuerdo, coordinar la forma en la que iban a trabajar, conocerse más,

y construir la infraestructura que tienen actualmente (IA1, 28/07/20). En tal sentido, se aprecia un esfuerzo colaborativo importante para concertar las decisiones más sustantivas respecto al diseño de los proyectos. Sin embargo, la coordinación del laboratorio, en tanto que depende del CICY, ha generado algunas tensiones debido a la falta de mecanismos de rotación de liderazgos entre las instituciones asociadas (IA4, 18/08/20), lo cual, aunque se reconoce como deseable por parte de algunos entrevistados, no ha sido viable. En consecuencia, se observa la necesidad de un liderazgo con mayor representatividad para establecer colaboraciones más efectivas.

Con todo, es de reiterar la importancia del CICY en el contexto científico de Yucatán, así como su destacada participación en el desarrollo del Parque Científico y Tecnológico del Estado (Giraldo, 2019), lo cual lo constituye en un actor clave no solo para el desarrollo del LENERSE, sino en múltiples proyectos de investigación, pues se trata de una institución que mantiene nexos importantes con otras IES y con el gobierno regional, a través del SIIDETEY. Esta situación ha permitido que sea el CICY el que haya materializado en forma pionera la idea de los “laboratorios sin paredes”, lo cual, para un informante, provienen de ideas implantadas previamente en la política regional, y que se remontan al plan estratégico de Mérida (IA5, 31/08/20).

A pesar de lo anterior, la debilidad en el liderazgo del LENERSE ha limitado el cumplimiento de objetivos que van más allá de los productos tradicionales del quehacer académico. Por esta razón, instituciones relevantes en el concierto científico regional han generado capacidades importantes en los grupos que participan dentro del laboratorio, pero no han fomentado su desarrollo como un instrumento que coadyuve en la llamada transición energética en la región peninsular, lo cual se constituye en una importante ventana de oportunidad en el devenir de esta iniciativa. Finalmente, los liderazgos se atribuyen a las personas que los sostienen y, en tal sentido, se aprecia que el gobierno del consorcio se desdibujó cuando hubo rotación de los actores artífices de su creación, por lo que en varias entrevistas se anotó que en la conducción del proyecto no se ha logrado una gobernanza de esta red para cumplir propósitos más amplios que los meramente técnicos (IA2, 06/08/20; IA4, 18/08/20; IA5, 31/08/20).

## **5. Resultados alcanzados del estudio de caso**

Los principales logros en el desarrollo del LENERSE se reflejan, sobre todo, en la construcción de una infraestructura instrumental para la investigación en energías renovables y en la generación de capacidades referidas a la formación en posgrado (maestrías y doctorados) en los tres Estados (IA2, 06/08/20; IA1, 28/07/20; IA3, 18/08/20). Desde una perspectiva del desempeño funcional, se observa que el proyecto ha logrado avances notables relativos a la investigación científica y al desarrollo tecnológico, que se refleja en el desarrollo de diversas publicaciones y algunas patentes. Para un entrevistado, en la primera etapa no solo se lograron las metas esperadas, sino que además se generaron productos adicionales a los inicialmente comprometidos (IA1, 28/07/20).

Sin embargo, un objetivo pendiente por cumplir corresponde a las vinculaciones con los sectores productivo y social (IA6, 21/09/20; IA2, 06/08/20), lo cual ha limitado el alcance que ha tenido esta iniciativa en términos de su desempeño asociativo; esto es, del impacto de la investigación científica y el desarrollo tecnológico y del papel que debería jugar en un sistema de gobernanza regional. Respecto a la vinculación con las empresas, en ello intervienen factores como su inestabilidad, pues en los intentos por establecer colaboraciones se ha encontrado que éstas se transforman, cambian de nombre o desaparecen (IA3, 18/08/20). Un factor adicional es el regionalismo de los académicos que buscan asociarse a las empresas de la península, pero no a las que vienen de fuera (IA3, 18/08/20). Para otros miembros, la deficiencia fundamental se debe a que la vinculación con las empresas no forma parte de los entregables del proyecto, y, por tanto, no se trabaja sobre ello lo suficiente (IA2, 06/08/20). Como se ha dicho, este hecho ocasiona incertidumbre en el devenir del laboratorio que cuestiona la autonomía de la red para mantener la cohesión y limita su posibilidad para posicionarse como un instrumento de PCTI que incida más efectivamente en el desarrollo de energías renovables.

Al respecto, ciertos informantes notan que las vinculaciones descansan en esfuerzos individuales, porque se observó que, en algunas ocasiones, los lazos con las empresas dependen de la voluntad personal de los investigadores. De manera general, se reconoce que, a pesar de los acercamientos realizados en diferentes momentos, esta intención no se ha concretado aún (IA5, 31/08/20, IA1, 28/07/20). Y se observa que no existen ideas claras por parte de los científicos sobre cómo escalar una tecnología a un producto del mercado. En ese sentido, un representante del sector empresarial aseguró en la entrevista que un obstáculo para trabajar con los científicos consiste en que estos últimos plantan sus objetivos a muy largo plazo y las empresas medianas o pequeñas no tienen recursos para financiar procesos de I+D durante un lapso tan amplio (IA6, 21/09/20).

29

En un sentido similar, los investigadores aseguran que la vinculación con la sociedad no se ha logrado. Al igual que el caso anterior, algunos informantes anotan que esto se debe a que dicho propósito no forma parte de los entregables comprometidos. Para un entrevistado, la mayoría de los investigadores opta por realizar una carrera más tradicional a partir de la cual son evaluados (IA2, 06/08/20). Otro investigador indicó que no está en su naturaleza vincularse con la sociedad, ya que su formación se orienta al desarrollo tecnológico (IA1, 28/07/20). Además, la transferencia de estas tecnologías a la sociedad requiere un largo proceso de propiedad intelectual (IA7, 24/11/21). En ese sentido, la participación del laboratorio en la ecología política de las energías renovables, antes mencionada, ha sido de momento limitada. Según un testimonio, las acciones de vinculación más notorias del laboratorio con el gobierno regional han sido las consultas hechas al consorcio respecto a la implementación de los proyectos de energías renovables a gran escala en Yucatán y los procesos de consulta indígena en las cuales el laboratorio ha participado (IA5, 31/08/20).

Lo anterior revela los importantes desafíos que afronta el laboratorio, no solo en términos de la traducción para comunicarse efectivamente con diversos actores, sino del propio liderazgo asociativo de la red. En tal sentido, un informante reconoce que uno de los propósitos ha sido ser referentes en la península y tener un papel



más activo para incidir en la sociedad (IA1, 28/07/20). Este planteamiento muestra la necesidad de avanzar hacia la conformación de un equipo de trabajo interdisciplinario que involucre académicos de otras áreas de conocimiento, en especial de las ciencias sociales. Por ejemplo, especialistas en divulgación y comunicación de la ciencia, políticas públicas o innovación empresarial. Con todo, se aprecia que, si bien se han obtenido resultados destacables y que se han logrado sortear las dificultades, sacando a buen término los proyectos desarrollados (IA7, 24/11/21), es fundamental sostener esta valiosa estructura colaborativa para cumplir las metas pendientes por lograr.

Desde una perspectiva más amplia, la posibilidad del consorcio para incrementar su contribución social se ve limitada por los mecanismos mediante los cuales son evaluados los proyectos por parte de las dependencias de gobierno que brindan financiación. En el caso del LENERSE, se observa que, especialmente en la segunda etapa, el interés del gobierno federal se ha centrado en aspectos técnicos, por lo que no se ha ocupado en cómo incidir a través de este tipo de proyectos en las políticas públicas, especialmente las relacionadas con las energías sustentables (IA2, 06/08/20). No obstante, los entrevistados expresaron que la aspiración del consorcio sí es apoyar estos procesos de transición mediante estrategias como el licenciamiento a empresas interesadas o un mayor impulso a las iniciativas de los estudiantes que se forman en las diferentes IES asociadas (IA2, 06/08/20).

De otro lado, es interesante identificar la capacidad del laboratorio para lograr estabilidad en la cohesión entre sus miembros durante más de diez años de operación y el valor que otorgan éstos al esquema cooperativo que sostiene este proyecto. Según los testimonios brindados, un importante aprendizaje ha sido que es mejor trabajar en equipo para concretar los resultados (IA1, 28/07/20). Otro entrevistado enfatizó en que el esfuerzo individual es importante, pero el esfuerzo colectivo es poderoso y trasciende fronteras que el individuo de manera aislada no puede alcanzar (IA4, 18/08/20). Y para uno más, el laboratorio está cumpliendo una función muy importante, que es ser el aglutinante de una red fuerte de investigadores y de una red de empresas que no es muy amplia, pero existe. Además, esta red mantiene una participación valiosa para el gobierno estatal, el cual en sus proyectos le consulta al LENERSE (IA5, 31/08/20). Todo ello da señales del desempeño asociativo logrado en términos de sus capacidades cooperativas.

Así, el interés por mantener una identidad regional peninsular ha alentado a los socios del laboratorio a sostener las colaboraciones como un factor estratégico que posibilita ser reconocidos en el contexto nacional (IA1, 28/07/20). También la formación de personal especializado ha permitido generar mayores vínculos mediante hechos como la integración interinstitucional de los comités doctorales o las posibilidades de movilidad de los estudiantes entre las instituciones que conforman el consorcio. Otro aspecto positivo es el de las interacciones logradas mediante el acceso comunitario a la infraestructura creada por los diferentes grupos y el desarrollo de proyectos conjuntos. En tal sentido, se resaltan las capacidades asociativas que se han creado entre grupos especializados en diferentes tipos de energías renovables. Un ejemplo lo aporta el grupo del hidrógeno, pues, según un informante, está conformado por gente de la UQRO (Cancún), el CICY y el CINVESTAV (Mérida), donde la colaboración ha



sido bastante estrecha, y en el transcurso ha habido un aprendizaje y una creación de capacidades y también de formación de alumnos en esas tecnologías (IA2, 06/08/20).

Sin embargo, es importante insistir en que el alcance del LENERSE para cumplir un papel más destacado en la sociedad se ha visto impactado por diferentes causas, entre las que se destacan la ausencia de mecanismos de liderazgo y representación que permitan transformar las sinergias logradas hasta el momento para generar un impacto en la sociedad, en el reduccionismo de los instrumentos de financiación de este tipo de proyectos centrados en la técnica, en las dificultades para extender las capacidades interactivas ya creadas hacia el sector productivo y en la ausencia de un diseño institucional que aliente la participación académica en actividades no exclusivas a la productividad científica. Revertir estas cuestiones podrían reivindicar la función que debe cumplir este laboratorio, en tanto instrumento de PCTI regional, y en la legitimación que requiere reestablecerse tanto al interior de la misma red como con actores externos, para que el proyecto logre generar una mayor contribución social como sistema asociativo complejo.

## Reflexiones finales

El análisis de las PCTI desde el enfoque de la gobernanza es reciente y corresponde al giro que, al menos en el plano discursivo, se ha venido dando a las políticas de este sector para que puedan contribuir al bienestar de las sociedades desde la perspectiva del desarrollo sostenible. Este giro implica una mayor coordinación interinstitucional con otras carteras de gobierno, pero también entre los niveles de administración federal, estatal y local. De manera reciente, en México se ha buscado conectar la agenda de ciencia y tecnología a la política de transición energética, derivando en instrumentos variados pero discontinuos como los fondos sectoriales de sustentabilidad energética, los CEMIES o el PRONACE de Energía y Cambio Climático, lo cual desalienta la posibilidad de mantener los esfuerzos que se han generado para potenciar capacidades científicas y tecnológicas como las que muestra la experiencia aquí analizada.

En términos generales, el LENERSE constituye un caso de estudio muy interesante porque se trata de una experiencia pionera en dos sentidos. En primer lugar, materializa la participación del sector científico en el desarrollo tecnológico de las energías renovables, tradicionalmente centrado en el sector empresarial. Y en segundo lugar, debido a su estructura, basada en un esquema cooperativo entre actores regionales, resulta en un fundamento para la generación de mayores capacidades científicas y tecnológicas mediante la concepción de la red como un “laboratorio sin paredes”. La combinación de ambos elementos conlleva a que esta experiencia sea emblemática y represente un caso muy sugerente para analizar en qué condiciones se llevan a cabo estas cooperaciones en el ámbito intra e intercientífico; es decir, cómo operan los procesos de gobernanza durante la implementación de un instrumento de política de CTI donde el gobierno aporta los recursos y la academia, estructurada colectivamente, se encarga de su desarrollo.

Así, se observa que el LENERSE es un caso ilustrativo de SAC que evidencia la heterogeneidad intra e intersectorial (tanto entre académicos, como entre ellos y el gobierno), interinstitucional (entre universidades y centros de investigación) y territorial (entre entidades federativas). Existe además una autonomía relativa de los socios (individual) y de la estructura del laboratorio (sistémica), caracterizada por la convergencia de múltiples objetivos que se han reajustado en el tiempo (desde la creación de infraestructura y la formación de posgrados hasta el desarrollo de tecnologías, la vinculación con el sector productivo y la divulgación a la sociedad), conllevando un alto grado de interdependencia entre los miembros, para asegurar los mecanismos de cooperación requeridos para el sostenimiento de la red. Su autonomía es relativa porque permite a los socios manejar sus recursos y seguir sus propias reglas, pero dependen de la administración del proyecto y del propio gobierno para tomar decisiones y emprender acciones respecto al desarrollo de los proyectos de investigación.

De otro lado, cuando se analiza una política desde la teoría de la gobernanza, no es común que se haga un análisis sistemático de la tensión derivada entre la cooperación y el conflicto entre actores diversos. Sin embargo, el marco de los SAC permite observar esta condición, la cual se ilustra en la operación del LENERSE desde la perspectiva social y política en la que se analizó la experiencia. Si bien se comparten objetivos e intereses comunes y existe confianza y cierta horizontalidad en la toma de decisiones que ha mantenido integrada la red, las tensiones derivadas de la falta de liderazgo, la heterogeneidad entre los actores y la debilidad en los procesos de comunicación inhiben las posibilidades para extender sus redes de colaboración (desempeño asociativo). Es decir, su vinculación con las empresas, para lograr que sus investigaciones se materialicen en desarrollos tecnológicos; con el gobierno, para convertirse en un actor más activo en los procesos de la transición energética en el entorno regional; y con la sociedad, para lograr una apropiación social de los conocimientos en energías renovables.

Los hallazgos evidencian que el LENERSE ha logrado resultados valiosos, sobre todo en términos del desempeño funcional; es decir, en la generación de mayores capacidades de oferta de CTI en energías renovables -infraestructura de investigación, formación de recursos humanos y productividad reflejada en artículos y en patentes-, lo cual es producto de mantener la cohesión de este consorcio regional, y a su vez, ha permitido darle visibilidad en el concierto nacional a las capacidades tecnológicas de la península de Yucatán. Sin embargo, el propio diseño de los instrumentos de financiamiento por parte del gobierno ha limitado el alcance del laboratorio, dominado por una perspectiva tecnocéntrica en el desarrollo de las energías renovables y una concepción clásica en el diseño y la evaluación de los proyectos científicos.

Estas condiciones reproducen la lógica subyacente en los procesos de desarrollo de energías renovables en el contexto internacional y reducen el alcance que pueda tener el sector académico en este proceso. Generar esquemas de investigación más interdisciplinarios, con la participación de científicos sociales, e incluso transdisciplinarios, en los que se involucren otros actores sociales, resultará crucial para que el laboratorio contribuya a la llamada transición energética. Si bien en esta experiencia se han logrado sostener mecanismos cooperativos que le han permitido

mantenerse a flote, los retos de la masificación del uso de energías renovables implican desarrollar capacidades de gobernanza intersectorial más allá del ámbito interno del laboratorio, para que este cumpla un papel más representativo como instrumento de PCTI regional orientado al desarrollo tecnológico de energías renovables.

## Financiamiento

Investigación realizada gracias al Programa UNAM-PAPIIT IA301820.

## Bibliografía

Bresciani, C. (2019). Énergies renouvelables en Amérique latine: les apports de l'anthropologie. *Lectures anthropologiques*. Recuperado de: <http://lecturesanthropologiques.fr/lodel/lecturesanthropologiques/index.php?id=670&file=1>.

Casas, R. (2014). Políticas de Ciencia, Tecnología e Innovación en América Latina: entre la Competitividad y la Inclusión Social. En P. Kreimer et al. (Coords.): *Perspectivas Latinoamericanas en el Estudio Social de la Ciencia, la Tecnología y la Sociedad* (352-364). México: CYTED, ESOCITE, Foro Consultivo CyT y Siglo XXI editores.

CONACYT-SENER (2010a). Convocatoria de Sustentabilidad Energética. México: Gobierno Federal.

CONACYT-SENER (2010b). Fondo Sectorial CONACYT-SENER, Sustentabilidad Energética, Términos de Referencia. México: Gobierno Federal.

Coffey, A. y Adkinson P. (2005). Encontrar el sentido a los datos cualitativos. *Estrategias complementarias de investigación*. San Vicente del Raspeig y Medellín: Universidad de Alicante y Universidad de Antioquia.

Cozzens, S. (2007). Innovation and Inequality. En K. Smits, S. Kulhmann y P. Shapira (Coords.), *Innovation Policy, Theory and Practice: An International Handbook*. Georgia: Institute of Technology.

Emiliozzi, S., Lemarchand G. A. y Gordon, A. (2012). Inventario de instrumentos y modelos de políticas de ciencia, tecnología e innovación en América Latina y el Caribe. Working Paper, 9. Washington DC: Banco Interamericano de Desarrollo.

Evrard, A. (2013). Contre vents et marées. *Politiques des énergies renouvelables en Europe*. París: SciencesPo.

Giraldo, M. (2018). La elaboración de políticas regionales de ciencia y tecnología desde el enfoque de gobernanza: el caso de Yucatán, México, y Santander, Colombia. *Revista IAPEM*, 100, 79-106.

Giraldo, M. (2019). Políticas regionales de ciencia y tecnología: capacidades interactivas, redes y desarrollo territorial en dos parques tecnocientíficos de México y Colombia. México DF: CIALC-UNAM.

Howe, C., Boyer, D. y Barrera, E. (2015). Los márgenes del Estado al viento: autonomía y desarrollo de energías renovables en el sur de México. *J. Lat. Am. Caribb. Anthropol.*, 20(2), pp. 1–23.

Kooiman, J. (2003). Gobernar en Gobernanza. En A. Cerillo (Coord.), *La Gobernanza Hoy: 10 Textos de Referencia (57-82)*. Madrid: Instituto Nacional de Administración Pública.

LENERSE (2014). Consolidación del Laboratorio de Energías Renovables del Sureste, Proyecto No. 254667, convocatoria SENER-CONACYT. Mérida: CICY, LENERSE y CONACYT.

Luna, M. y Velasco, J. (2017). *Complex Associative Systems: Cooperation Amid Diversity*. México DF: IIS-UNAM.

Luna M. y Chávez, C. (2014). Socialización, gobernanza y rendimiento social en sistemas asociativos complejos. En S. Gordon y R. Tirado (Coords.), *El rendimiento social de las organizaciones sociales*. México DF: IIS-UNAM.

34 Luna, M. y Velasco, J. (2009). Las redes de acción pública como sistemas asociativos complejos: Problemas y mecanismos de integración. *Redes, Revista Hispana para el Análisis de Redes Sociales*, 17, 76-99.

Luna, M. (2003). Las redes como mecanismo de coordinación y las redes de conocimiento. En M. Luna (Coord.), *Itinerarios del Conocimiento: Formas Dinámicas y Contenido. Un Enfoque de Redes (51-78)*. Barcelona: Anthropos e IIS-UNAM.

Olivé, L. (2012). *El bien, el mal y la razón. Facetas de la ciencia y de la tecnología*. México DF: UNAM.

Ostrom, E. (2010). Beyond markets and states: polycentric governance of complex economic systems. *American Economic Review*, 100(3), 641–672.

Parra, A. y Cadena, Z. (2010). El medio ambiente desde las relaciones de ciencia, tecnología y sociedad: un panorama general. *CS*, 6, 331-359.

Parsons, W. (2007). *Políticas públicas. Una introducción a la teoría y la práctica del análisis de políticas públicas*. México: FLACSO.

Polanyi, M. (2010). *La lógica de la libertad. Reflexiones y réplicas*. España: Katz y Liberty Fund.

Rumpala, Y. (2013). Formes alternatives de production énergétique et reconfigurations politiques. La sociologie des énergies alternatives comme étude des potentialités de réorganisation du collectif. Flux, 92(2), 47-61.

Salomon, J. (1974). Ciencia y Política. México: Siglo XXI Editores.

Sánchez, J., Reyes, I., Patiño, R., Munguía, A. y Deniau, Y. (2019). Articulación Yucatán y GeoComunes. Expansión de proyectos de energía renovable de gran escala en la península de Yucatán. México: GeoComunes y Consejo Civil Mexicano para la Silvicultura Sostenible.

Schot, J. y Steinmueller, E. (2016). Framing Innovation Policy for Transformative Change: Innovation Policy 3.0. Brighton: University of Sussex.

SIIDETHEY (2012). Gaceta SIIDETHEY n° 36. Recuperado de: [https://issuu.com/siidetey/docs/36\\_laboratorios\\_siidetey](https://issuu.com/siidetey/docs/36_laboratorios_siidetey).

Smith, M. (2010). Laboratorio de Energías Renovables del Sureste LENERSE [Documento de trabajo]. Mérida: CICY.

Subirats, J. et al. (2008). Análisis y gestión de políticas públicas. Barcelona: Book Print Digital.

Velho, L. (2011). La Ciencia y los Paradigmas de la Política Científica, Tecnológica y de Innovación. En A. Arellano y P. Kreimer (Dir.), Estudio social de la ciencia y la tecnología desde América Latina. Bogotá: Siglo del Hombre.

35

Wulf, W. (1989). The national collaboratory. In Towards a national collaboratory. National Science Foundation Invitational Workshop, Rockefeller University, New York. Recuperado de: <https://www.nap.edu/read/2109/chapter/1>.

Zárate, E. y Fraga, J. (2016). La política eólica mexicana: controversias sociales y ambientales debido a su implantación territorial. Estudios de caso en Oaxaca y Yucatán. Trace, 69, 65-95.

### **Entrevistas realizadas**

IA1. 28/07/20, Informante Anónimo 1, entrevistado el 28 de julio de 2020.

IA2. 06/08/20, Informante Anónimo 2, entrevistado el 6 de agosto de 2020.

IA3. 18/08/20, Informante Anónimo 3, entrevistado el 18 de agosto de 2020.

IA4. 18/08/20, Informante Anónimo 4, entrevistado el 18 de agosto de 2020.

IA5. 31/08/20, Informante Anónimo 5, entrevistado el 31 de agosto de 2020.

IA6. 21/09/20, Informante Anónimo 6, entrevistado el 21 de septiembre de 2020.

IA7. 24/11/21, Informante Anónimo 7, entrevistado el 24 de noviembre de 2021.

### **Cómo citar este artículo**

Giraldo, M. E. y Zárate Toledo, E. (2022). Mecanismos cooperativos en la implementación de políticas de ciencia y tecnología: Un análisis del LENERSE desde los sistemas asociativos complejos. *Revista Iberoamericana de Ciencia, Tecnología y Sociedad —CTS*, 17(51), 9-36. Recuperado de: [inserte URL]

## Comparación de metodologías de medición de la calidad en la educación universitaria \*

### Comparaçãõ de metodologias de mediçãõ da qualidade na educaçãõ universitária

### *Comparing Measurement Methodologies for the Quality of Higher Education*

Claudia Partal, María Tatiana Gorjup y Hernán Vigier \*\*

Sobre la base de que el concepto de calidad está instalado en la agenda de la educación universitaria, especialmente la evaluación de la calidad, y que actualmente ambos conceptos son un tema de gran trascendencia en la mayoría de los países, en el presente trabajo se compararon tres metodologías utilizadas para medir la calidad de la educación superior: las estimadas por las agencias de acreditación, los rankings universitarios de nivel mundial y los modelos de medición de la calidad del servicio. A partir de la definición de calidad establecida por UNESCO en 2007, se revisó cada instrumento de medición de la calidad con el fin de evidenciar en ellos la presencia de los conceptos incluidos en la definición de calidad adoptada. Del estudio realizado resultó que, salvo por pequeñas observaciones, las metodologías actuales de medición de la calidad de la educación universitaria no consideran las dimensiones de orden social como parámetros de la calidad.

37

**Palabras clave:** educación superior; calidad; indicadores; universidad; evaluación

---

\* Recepción del artículo: 18/08/2021. Entrega de la evaluación final: 28/09/2021.

\*\* *Claudia Partal*: licenciada en ciencias de la computación, profesora adjunta de la Universidad Provincial del Sudoeste, Argentina. Alumna del posgrado del doctorado en ciencias de la administración, Universidad Nacional del Sur, Argentina. Correo electrónico: cpartal@upso.edu.ar. *María Tatiana Gorjup*: doctora en economía, profesora adjunta de la Universidad Provincial del Sudoeste, Argentina. Investigadora categoría III del Programa de Incentivos de Docentes Investigadores. Correo electrónico: tatiana.gorjup@upso.edu.ar. *Hernán Pedro Vigier*: doctor en economía, profesor titular de la Universidad Provincial del Sudoeste, Argentina. Investigador categoría I del Programa de Incentivos de Docentes Investigadores. Investigador independiente de Comisión de Investigadores Científicas (CIC). Correo electrónico: hvigier@upso.edu.ar.

Tendo em vista que o conceito de qualidade está instalado na agenda da educação universitária, especialmente a avaliação da qualidade, e que atualmente ambos os conceitos são um tema de grande importância na maioria dos países, no presente trabalho foram comparadas três metodologias utilizadas para medir a qualidade do ensino superior: eles são; aqueles estimados por agências de acreditação, as classificações de universidades de classe mundial e os modelos de medição de qualidade de serviço. Com base na definição de qualidade estabelecida pela UNESCO em 2007, cada instrumento de medida de qualidade foi revisado a fim de demonstrar a presença dos conceitos incluídos na definição de qualidade adotada. O estudo realizado mostrou que, exceto por pequenas observações, as metodologias atuais de mensuração da qualidade da formação universitária não consideram as dimensões sociais como parâmetros de qualidade.

**Palavras-chave:** educação superior; qualidade; indicadores; universidade; avaliação

*On the basis that the concept of quality is installed on the higher education agenda -especially quality evaluation- and that both concepts are currently a topic of great importance in most countries, three methodologies used to measure the quality of higher education were compared in this article: those considered by accreditation agencies, world-class university rankings and service quality measurement models. Based on the definition of quality set out by UNESCO in 2007, each quality measurement instrument is reviewed in order to demonstrate the presence of concepts included in the adopted definition of quality. The research shows that, except for small observations, current methodologies for measuring the quality of higher education do not consider social dimensions as quality parameters.*

**Keywords:** higher education; quality; indicators; university; evaluation



## Introducción

De la revisión de la literatura sobre calidad de la educación universitaria se puede evidenciar que el concepto tiene historia y no se lo puede considerar como algo atemporal y absoluto (Cabrera, 2005; Arocho, 2010). Según establece Cabrera (2005), a comienzos de los años 60 existía una visión tradicional y estática de la calidad de la educación universitaria que se basaba en que la tradición de la institución, la exclusividad de los docentes, alumnos y la infraestructura disponible presuponían la calidad de la enseñanza y del aprendizaje. Sin embargo, si bien el término de calidad en la educación universitaria tiene diferentes acepciones y no existe una única definición, eso no ha impedido que surja la necesidad de medirla.

De acuerdo con la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO) (2007), un enfoque común es asociar la calidad con la eficiencia y la eficacia, considerando en ese caso a la educación como un producto y un servicio que satisfaga a la comunidad. Sin embargo, en ese mismo documento se afirma que estas dimensiones son fundamentales pero insuficientes. Dentro de las definiciones que se presentan en la bibliografía específica y la expresada por organismos internacionales dedicados al tema, en este trabajo adoptaremos la definición de calidad que declara la UNESCO (2007, p. 27): “La educación de calidad, en tanto derecho fundamental de todas las personas, tiene como cualidades esenciales el respeto de los derechos, la equidad, la relevancia y la pertinencia y dos elementos de carácter operativos: la eficacia y la eficiencia”. Es de destacar que esta definición coincide con muchos autores que tienen en cuenta las dimensiones de orden social al referirse a la calidad de las instituciones de educación superior (IES) (Tünnermann Bernheim, 2006).

39

En la educación universitaria, a raíz del fenómeno de la globalización, surge o se incrementa una serie de situaciones derivadas de ella, como la proliferación de universidades y otras instituciones (mayoritariamente las privadas) y la realización de funciones básicas de las universidades por otras instituciones (Cabrera, 2005, Pires y Lemaitre, 2008; Claverie *et al.*, 2008). En este contexto, la medición de la calidad de la educación universitaria tiene diferentes motivaciones dependiendo de la perspectiva que se adquiera y toma distintos significados en función del tipo de persona o sociedad. En este sentido, Fernández Lamarra y Cópola (2007) plantean que la idea de calidad para los académicos se vincula con los saberes; para los empleadores con las competencias; para los estudiantes con la empleabilidad; para la sociedad con ciudadanos respetables y competentes; para el Estado, en tanto, puede variar entre aspectos referidos al desarrollo social y humano, a la eficiencia, a los costos y a los requerimientos de capital humano. Según Albornoz y Osorio (2018), el tema es aún más complejo, ya que el concepto de calidad es dinámico y multidimensional, y muchos de los trabajos empíricos desarrollados han puesto en evidencia que los científicos definen la calidad de formas muy diferentes e incluso con enfoques antagónicos.

Teniendo en cuenta el concepto de calidad de UNESCO, en este artículo se presentan y describen las metodologías que se emplean para medir la calidad de la educación universitaria con el fin de identificar y analizar las dimensiones y los

indicadores que se desprenden del concepto de calidad adoptado en cada caso. Los objetivos de la investigación son: a) realizar una comparación intrínseca de cada metodología; b) realizar una comparación entre las metodologías de medición de la calidad; y c) analizar la relación entre el concepto de calidad propuesto por UNESCO (2007) y los conceptos de calidad empleados para medir la calidad por parte de: i) las agencias de acreditación; ii) los rankings universitarios, y iii) las investigaciones que incorporan modelos de medición de la calidad de los servicios.

## **1. Perspectiva de medición de la calidad en la educación superior, por parte de las agencias de acreditación**

A partir de los años 90, tanto a nivel internacional como en América Latina, los gobiernos nacionales han tomado medidas en pos de aumentar la autonomía financiera de las instituciones universitarias (Dias Sobrinho, 2007). En este aspecto, la asignación de los fondos a las universidades fue de forma global, de modo que cada institución, según sus objetivos institucionales, asignara las partidas correspondientes a personal, capital y demás ítems presupuestarios. Surge, entonces, la necesidad de que dichas instituciones rindan cuentas de esos fondos al Estado nacional y por esta razón, tanto en América Latina como en Europa, comenzaron con algunas experiencias aisladas de autoevaluación institucional hasta llegar a la creación de agencias de evaluación de instituciones y de acreditación de programas y carreras universitarias.

40

En este marco, Espinoza y González (2012) establecen que el concepto de calidad en la educación superior puede asociarse a dos enfoques. El primero se basa en el concepto de aseguramiento de la calidad y se refiere al cumplimiento de estándares mínimos que garanticen que el egresado tiene las competencias para desempeñarse adecuadamente en sus funciones en el mundo laboral. El segundo enfoque se inspira en el concepto de mejoramiento de calidad y se vincula al planteo de metas de superación continua por parte de las instituciones universitarias, inherentes a las propias instituciones o a sus programas académicos.

### **1.1. Fines y objetivos que persiguen las agencias de acreditación**

Las agencias de acreditación se proponen realizar una evaluación más exhaustiva de la calidad de una institución de educación universitaria, y su propósito está relacionado al esfuerzo estatal de velar por la calidad de la educación superior (Velasco y Fernández, 2006; Claverie *et al.*, 2008; Pires y Lemaitre, 2008; Silas Casillas, 2014). Su objetivo es el aseguramiento y el mejoramiento de la calidad institucional o de un programa determinado de la Institución. Según Espinoza y González (2012), los procesos de aseguramiento de la calidad son conducidos en algunos países por agencias de distinta dependencia: pueden ser de carácter público y establecidas por el gobierno, pues incumben al Estado, con personería jurídica, patrimonio y sistema jurídico propios (Colombia, Chile, Ecuador, Perú y Puerto Rico); de carácter gubernamental, dependientes de un sector o secretaría particular (Argentina, Bolivia, Brasil, Colombia, México, República Dominicana y Uruguay); de carácter privado (Chile y Puerto Rico); y a partir de organismos de las IES (Bolivia, Costa Rica, Panamá, Perú, República Dominicana y Uruguay) (Lemaitre, 2007).

Respecto a las agencias de América Latina, se puede decir que tienen distintos objetivos, como la evaluación de condiciones mínimas o autorización para funcionar, ofreciendo de esta forma una medida básica de control de calidad, o sea: asegurar el funcionamiento de instituciones que satisfagan ciertos criterios mínimos de calidad (Chile, Colombia, Argentina y organismos de distintos países), mientras que otras se concentran en la acreditación de carreras o programas, en forma voluntaria (Costa Rica, Chile, Colombia o Paraguay) u obligatoria, como son los casos de carreras específicas en Argentina, Chile, Colombia, Cuba (Pires y Lemaitre, 2008; Palomares-Montero *et al.*, 2008).

Los modelos y experiencias de evaluación y acreditación son muy diversos, aunque se visualiza que todos involucran sistemas de aseguramiento de la calidad con el fin de: autorizar a funcionar a nuevas instituciones, evaluar, acreditar o auditar; y se aplican a nuevas instituciones, carreras, estudiantes o programas (Palomares-Montero *et al.*, 2008).

A diferencia de los procesos que se llevan adelante en forma externa, asociados generalmente a la evaluación o acreditación, los procesos internos de evaluación y de mejora de la calidad -desarrollados por las propias IES- que son promovidos desde las autoridades gubernamentales y sus instrumentos de políticas establecidas, conllevan al aseguramiento de la calidad. En este sentido, se observa que los sistemas de aseguramiento de la calidad se proponen evaluar a la institución de educación superior como un todo, en lugar del conjunto de carreras que ella imparte. En general, prevalece que la institución es el objeto de evaluación en la mayoría de los países, cuyo fin es el desarrollo de procesos de mejora continua de las instituciones, sus carreras y programas, a través de las auditorías académicas. Se utiliza la autoevaluación o evaluación interna (EI) como base y la evaluación externa (EE) como verificación (Palomares-Montero *et al.*, 2008). Estos autores resaltan que en el proceso de autorización a funcionar (o licenciamiento) prima la EE, mientras que para la acreditación ambos procesos son importantes, y para el caso de la auditoría académica importa la EI, principalmente.

A través del aseguramiento de la calidad en la educación superior, se pretende satisfacer adecuadamente las necesidades del país, ser más eficientes en el uso de los recursos disponibles y entregar un servicio satisfactorio que dé garantías a toda la comunidad (Espinoza y González, 2012).

En América Latina y en Europa han surgido agencias destinadas a fortalecer el aseguramiento de la calidad, como por ejemplo en España, la Agencia Nacional de Evaluación de la Calidad y la Acreditación (ANECA). A partir de las experiencias de las agencias nacionales existentes en Dinamarca, Francia, Holanda y el Reino Unido, se creó en 2000 la European Association for Quality Assurance in Higher Education (ENQA) (Silas Casillas, 2014), cuyo surgimiento ha logrado elevar los indicadores de calidad de las universidades europeas con su apoyo y seguimiento (de Vergara *et al.*, 2014). Por su parte, en los Estados Unidos el interés en el aseguramiento de la calidad es tan importante que existen organizaciones como el Council for Higher Education Accreditation (CHEA) que agrupa más de 3000 IES y 60 agencias acreditadoras, y cuyo rol es la acreditación y la atención de los temas de calidad ante el gobierno de

ese país. Además de los ya mencionados, otros organismos internacionales (OCDE,<sup>1</sup> ENQA,<sup>2</sup> Commission on Colleges Southern Association of Colleges and Schools, CIHE,<sup>3</sup> HEFCE,<sup>4</sup> PNUD,<sup>5</sup> Banco Mundial y la Unión Europea, entre otros), tanto públicos como privados, definen distintos indicadores para evaluar la calidad y toman como criterio de análisis el contexto en el que se desarrolla la evaluación, si se evalúa una institución o un programa educativo (Palomares-Montero *et al.*, 2008).

En Argentina, la Comisión Nacional de Evaluación y Acreditación Universitaria (CONEAU) se crea a partir de la aprobación de la Ley de Educación Superior (LES) N°24.521/95. La calidad es asimilada a la evaluación externa y a la acreditación, y se promueve a través de dos procesos obligatorios por los que deben transitar las universidades en los períodos establecidos en la LES (Cabrera, 2005; Pires y Lemaitre, 2008). La obligatoriedad de los procesos permite a todas las instituciones la posibilidad de acreditar la propia institución y las carreras (CONEAU, 2012). La CONEAU toma en cuenta los indicadores que la institución considere relevantes para reflejar el nivel de actividad (indicadores referidos a características de los estudiantes y a su rendimiento académico, a la calidad de la docencia, a la calidad de la investigación, a la calidad de la extensión, a la calidad de la gestión institucional, al nivel de recursos utilizados para la docencia y para la investigación, entre otros). Asimismo, propone a las instituciones un conjunto de contenidos orientadores que deberán ser tenidos en cuenta en el último paso de la autoevaluación o evaluación interna, de modo que se obtenga una mirada holística, sistemática e histórica de toda la institución: docencia, cuerpo docente, investigación, extensión, infraestructura y equipamiento, e integración institucional (CONEAU N° 382/11).

42

## 1.2. Indicadores de evaluación de la calidad

A partir del trabajo de investigación realizado por Palomares-Montero *et al.* (2008), en el que se revisan los sistemas de indicadores para la evaluación de IES, se puede observar que, en muchos países de Europa y América del Norte, diferentes organizaciones han elaborado propuestas dedicadas al estudio de indicadores de evaluación de la calidad de las IES o de sus programas educativos. Por otro lado, en la región de América Latina y el Caribe también existen numerosas investigaciones sobre la evaluación de la calidad de la educación superior y la acreditación de IES, programas académicos y carreras universitarias.

### 1.2.1. La evaluación de las IES

Los países de Iberoamérica adoptan distintos enfoques y modelos de evaluación institucional aún más notorios que lo que se puede observar en la acreditación de programas. Unos están más vinculados a la evaluación institucional en pos del mejoramiento (Argentina), mientras que otros se enfocan en la acreditación

---

1. OCDE: Organización de Cooperación y el Desarrollo Económico.  
 2. ENQA: European Network for Quality Assurance in Higher Education.  
 3. CIHE: Commission on Institutions of Higher Education.  
 4. HEFCE: Higher Education Funding Council for England.  
 5. PNUD: Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo.

institucional, orientados a resultados que cumplan ciertos criterios o estándares que deben alcanzar las instituciones, ya sea para certificar la calidad de la IES o para restringir a la IES o establecer normativas de acuerdo al resultado (Strah, 2020). Asimismo, en Iberoamérica predomina la denominación de acreditación institucional (excepto en Argentina, Andorra y Cuba).

La diferencia entre ambos procesos es que los modelos de acreditación producen un resultado y la evaluación institucional plantea constituir un proceso para el mejoramiento institucional; aunque todos los sistemas, incluyendo estos dos procesos, definen mecanismos para el mejoramiento institucional (Strah, 2020).

### *1.2.2. La evaluación de los programas*

En los países de la región -a excepción de Honduras, Nicaragua, República Dominicana, El Salvador y Guatemala-, las agencias o comisiones creadas al efecto son las que tienen la función de acreditación de programas de grado a los fines del aseguramiento de la calidad de la educación superior. Se observan sistemas que acreditan la totalidad de las carreras que dictan las IES u otros en los que solo se define acreditar programas de ciertas áreas disciplinarias; en algunos es obligatoria para todos los programas que desarrollan las instituciones del país o para un grupo de programas según la disciplina, o es voluntaria; también hay sistemas que establecen un piso de calidad indicado por la acreditación o en los que la acreditación conlleva un sello de excelencia (Strah, 2020).

En general, los programas de posgrado son también acreditados por las agencias, a excepción de ciertos países: Bolivia, Uruguay, Guatemala, Honduras, El Salvador, Nicaragua y República Dominicana. De mismo modo que lo que sucede en el grado, existen diferencias en los sistemas de los países como la obligatoriedad o acreditación voluntaria, y en su alcance, en el sentido de si se acreditan todos los programas o solo algunos dentro de ese grupo.

En la **Tabla 1** se presentan las agencias de acreditación y organizaciones junto con las dimensiones que evalúan al momento de medir la calidad de instituciones o programas académicos.

**Tabla 1. Indicadores de medición de la calidad de distintos organismos y agencias (IES y programas educativos)**

AGENCIAS/ ORGANIZACIÓN	DIMENSIONES E INDICADORES								
	POLÍTICAS DE MEDICIÓN DE CALIDAD	ORGANIZACIÓN INSTITUCIONAL	ORGANIZACIÓN PROGRAMA EDUCATIVO	CAPITAL HUMANO Y RECURSOS	PROCESOS EDUCATIVOS/EN ENSEÑANZA	RENDIMIENTO ESTUDIANTIL	IMPACTO EN LA SOCIEDAD	INVESTIGACION	VINCULACION CON EL MEDIO
PROYECTO INÉS (OCDE, 2004)		X		X	X	X	X		
ENQA (2005) (Europa)	X	X		X	X				
CIHE-NEASCC (2007) (EEUU)		X		X	X	X		X	
SACS (2006) (EEUU)	X	X		X					
CHEA (2006) (EEUU)	X	X		X	X	X			
USDE (2006) (EEUU)			X	X					
ABET (2006) (EEUU)		X		X	X				
HEFCE, 2007 (Inglaterra)				X	X	X		X	X
AQU (2007) (Cataluña)			X	X	X	X			
ANECA (2007) (España)			X	X	X				
UNESCO (2004)		X	X	X	X				
SINAES (Brasil)	X	X							
CNA (Colombia)		X		X	X	X	X		
CONAEVA (México)		X	X						
CIEES (México)		X	X						
SINAES (Costa Rica)				X	X		X		X
CONAP (Chile)			X	X	X	X			
CONEAU (Argentina)		X		X	X	X		X	

Fuente: elaboración propia

Referencias:

Proyecto INES

International Indicators of Education Systems

OCDE

Organización de Cooperación y el Desarrollo Económico

ENQA (Europa)

European Network for Quality Assurance in Higher Education

CIHE (EEUU)

European Network for Quality Assurance in Higher Education

NEASC (EEUU)

New England Association of School and Colleges

SACS (EEUU)

Southern Association of Colleges and Schools

CHEA (EEUU)

Council for Higher Education Accreditation

USDE (EEUU)

United States Department of Education

ABET (EEUU)

Accreditation Board for Engineering and Technology

HEFCE (Inglaterra)

Higher Education Funding Council for England

AQU (Cataluña)

Agencia Catalana para la Calidad del Sistema Universitario de Cataluña

ANECA (España)

Agencia Nacional de Evaluación de la Calidad y Acreditación

UNESCO

Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura

SINAES (Brasil)

Sistema Nacional de Acreditación de la Educación Superior

CNA (Colombia)

Consejo Nacional de Acreditación

CONAEVA (México)

Comisión Nacional de Evaluación para la Educación Superior

CIEES (México)

Comités Interinstitucionales para la Evaluación de la Educación Superior

SINAES (Costa Rica)

Sistema Nacional de Acreditación de la Educación Superior

CONAP (Chile)

Comisión Nacional de Acreditación de Postgrado.

CONEAU (Argentina)

Comisión Nacional de Evaluación y Acreditación Universitaria

A partir de la información que se presenta en la **Tabla 1** se observa que las propuestas de medición de la calidad de IES (Proyecto INES, ENQA, CIHE-NEASCC, SACS, HEFCE, AQU, SINAES, CNA, CONAEVA, CIEES, SINAES, CONAP, CONEAU y UNESCO) se refieren casi en su totalidad a indicadores para definir la misión y estructura organizativa de la universidad. Se evidencia que la mayoría de las agencias y los organismos consideran principalmente, respecto a las IES, los indicadores relacionados con los procesos educativos o la enseñanza, el capital humano y los recursos, la organización institucional y el rendimiento estudiantil.

Por otro lado, los sistemas dedicados a la medición de la calidad de programas (CHEA, USDE, ABET Y ANECA), si bien coinciden en los indicadores mencionados para las IES, ponen énfasis en el rendimiento estudiantil, la organización del programa educativo (los programas ofertados, desarrollo de nuevos programas o carreras) y las políticas de medición de la calidad (acreditación de programas o carreras) y el capital humano y los recursos (personal docente e investigador). De esta manera, al delimitar los propósitos de la institución y su planificación, se verifica si los recursos disponibles fueron utilizados adecuadamente.

En menor medida, se encuentran propuestas que incluyen indicadores relativos a la investigación que permiten valorar en qué medida la universidad puede desarrollar de forma adecuada sus funciones, así como al impacto en la sociedad y a la vinculación con el medio. Ya sea de forma directa o indirecta, todas las propuestas estudiadas se refieren a los recursos humanos, financieros o físicos disponibles en la universidad para cumplir con sus funciones.

En particular, se menciona el Proyecto INES, por el cual la OCDE difunde anualmente una serie de indicadores internacionales de la educación recolectados mediante fuentes secundarias. Cabe mencionar que los indicadores presentados en la **Tabla 1** relevan los resultados logrados por institución y su impacto en la sociedad, utilizando el índice de alfabetización o la participación en el mercado laboral teniendo en cuenta el logro educativo, entre otros (Palomares-Montero *et al.*, 2008). En general, las agencias de acreditación de universidades coinciden en que los indicadores los define cada institución en pos del cumplimiento de la misión y los objetivos institucionales, y se visualiza que mayoritariamente coinciden en las dimensiones a evaluar. Cabe destacar que el CNA de Colombia, dentro de la revisión realizada, es la única que establece explícitamente qué es lo que se evalúa: integridad, equidad, idoneidad, responsabilidad, coherencia, transparencia, pertinencia, eficiencia y eficacia.

45

Por último, a partir de una revisión de trabajos de investigación de autores que han analizado los indicadores para medir la calidad de la educación universitaria (Cave *et al.*, 1997; García-Aracil y Villarreal, 2008), se observa que la mayoría de los autores coincide en que los sistemas de indicadores deben tener el propósito de informar el grado en que se logran los objetivos que persigue cada institución (OCDE, 2004; ENQA, 2005; Commission on Colleges Southern Association of Colleges and Schools, 2006; CIHE, 2007; HEFCE, 2007; Palomares-Montero *et al.*, 2008).

## **2. La medición de la calidad en la educación superior por parte de los rankings internacionales**

En la década del 80, a partir de la masificación de la educación superior en el mundo, y como consecuencia de ello, la diversificación del entorno académico, la competencia y la comercialización de la educación universitaria provocaron la necesidad, por parte de las IES, de demostrar su calidad (Cabrera, 2005; Quiles y de Gracia, 2015). Este entorno competitivo ha fomentado la implementación de numerosas iniciativas con el fin de desarrollar metodologías e instrumentos de evaluación de la calidad que



ofrezcan una visión comparativa de las IES y países, con la correspondiente difusión de los resultados a través de los rankings internacionales (Quiles y de Gracia, 2015).

Como una forma de evaluar a las universidades surgen los rankings universitarios: clasificaciones universitarias mundiales en forma de listas de IES, ordenadas a partir de una combinación de indicadores. Algunos rankings se apoyan principalmente en indicadores de investigación, basados en bibliometría o cibermetría, que utilizan casi exclusivamente datos cuantitativos derivados de resultados de investigación como artículos científicos y citas bibliográficas, o de su presencia en Internet, sitios, enlaces y menciones (se utilizan como fuentes de información a la Web of Science de Thomson Reuters, Scopus o Google Scholar) (Aguillo, 2012), mientras que otros enfatizan en las encuestas de opinión en los que basan sus resultados combinándolos con otros datos objetivos.

Al analizar las dimensiones que miden estos rankings y sus indicadores, se puede decir que los que toman en cuenta principalmente indicadores de investigación definen implícitamente a la calidad basada en la excelencia de la investigación, mientras que los demás comparan a las IES tomando criterios de carácter subjetivo como las encuestas de opinión sobre la reputación e imagen institucional de las universidades, asociando la calidad con la reputación institucional (Ordorika y Rodríguez, 2010; Barsky, 2014).

En esta instancia se analizarán los rankings mundiales más relevantes en función de su trascendencia y difusión, que ya hace un tiempo se han instalado en el ámbito de la educación superior. Es de destacar que la cantidad y la variedad de rankings globales, nacionales y especializados en Estados Unidos, Europa y Asia han aumentado en los últimos años, generando así que los gobiernos y las IES en América Latina los tomen en cuenta en el establecimiento de políticas, casi como un modelo normativo de calidad a seguir (Albornoz y Osorio, 2018).

De la bibliografía consultada y los estudios previos existentes respecto a los rankings, el trabajo de Albornoz y Osorio (2018) presenta una amplia descripción y caracterización que será tomada como referencia, principalmente para realizar luego la comparación entre las metodologías.

## **2.1. Surgimiento de los rankings. Objetivos y utilidad**

Los rankings universitarios, nacionales o internacionales, se enfocan en proveer información a estudiantes y a sus familias respecto a las universidades a las que desea postular el estudiante. Además, ofrecen un mecanismo a través del cual la sociedad evalúa y controla la calidad de la educación superior (Velasco *et al.*, 2006; Aguillo, 2012; Albornoz y Osorio, 2018; de Fanelli y Carranza, 2018).

Los rankings surgen en América del Norte como un hábito de clasificar en forma competitiva todo lo mensurable, en especial aquellos aspectos vinculados al deporte y a la educación, como parte de una cultura nacional acostumbrada a la evaluación y la competitividad (Delgado-López-Cózar, 2012; Barsky, 2014). Parece imposible



de someter a las universidades a un tratamiento similar a escala mundial, ya que su naturaleza institucional es compleja, con distintos objetivos e historia; a su vez, agrupan carreras diferentes que son parte de disciplinas con tradiciones distintas respecto a los campos del conocimiento y de su epistemología (de Fanelli y Carranza, 2018). A pesar de ello, aparecen los rankings mundiales que jerarquizan universidades por mayor puntaje obtenido en distintas dimensiones (Barsky, 2014).

Originalmente, surgen como un producto norteamericano destinado al público local, cuyo objetivo es colaborar en la toma de decisiones respecto a la elección de las universidades en las cuales cursar los estudios; luego se globalizaron, llegando hasta Asia y Europa (Albornoz y Osorio, 2018). Al momento que surgió el Ranking de Shanghai, denominado Academic Ranking of World Universities (ARWU), elaborado por científicos de la Universidad Jiao-Tong de Shanghai en la República Popular China (Liu *et al.*, 2005), según Aguillo (2012) solo existían algunas clasificaciones de carácter nacional que se basaban en el prestigio académico caracterizado por los costos de enseñanza, seguridad y servicios universitarios, entre otros.

Luego de la primera publicación del ranking ARWU en 2003, muchas instituciones de diferentes países comenzaron a modificar o adecuar sus políticas con el fin de incidir en sus sistemas universitarios en pos de mejorar los resultados en dicho ranking (Aguillo, 2012; Delgado-López-Cózar, 2012). Este ranking adquiere entonces transcendencia e importancia mundial y a partir de allí, según Albornoz y Osorio (2018), aprovechando ciertas carencias detectadas en este ranking, empiezan a aparecer otros rankings de universidades a nivel mundial. Entre los más destacados, aparecen en Reino Unido el Times Higher Education World University Ranking (THE), el Webometrics y el QS World University (QS). Existen otros como el Scimago International Ranking (SIR) y el del Centre for Science and Technology Studies de la Universidad de Leiden (Holanda), reconocidos entre profesionales de educación superior, aunque con menor difusión en los medios de comunicación.

47

Según algunos estudios, los rankings mundiales sirven para confirmar las percepciones y las decisiones tomadas (Orozco *et al.*, 2015), e informar a los gestores de la universidad sobre fortalezas y debilidades en sus actividades de docencia, investigación, extensión, gestión, infraestructura y todos los ámbitos evaluados. Al hacerse en forma competitiva y establecer un orden jerárquico, a las IES les permite compararse, saber dónde se encuentran, con qué institución deben competir para “mejorar” la institución, informar a los responsables de establecer las políticas educativas (regionales, nacionales o internacionales) para la toma de decisiones y planificar estratégicamente las instituciones o titulaciones o bien su financiación (Delgado-López-Cózar, 2012; Aguillo, 2012).

Según Albornoz y Osorio (2018), en América Latina los rankings también tuvieron un gran impacto en las instituciones y en las comunidades académicas locales, produciendo diferentes reacciones. En Argentina y otros países de la región, los medios de comunicación se encargaron de hacer conocer estos disensos, críticas a la metodología utilizada para su elaboración, su normatividad implícita y las consecuencias derivadas a los procesos evaluativos. Las universidades

latinoamericanas han ocupado posiciones muy bajas en los últimos años, lo que ha llevado a debates sobre este tema en el ámbito universitario, en el que se cuestiona principalmente el método para asignar los valores que producen el ordenamiento.

## 2.2. Descripción de los rankings. Características

A continuación, se describen las características generales de ciertos rankings.

### 2.2.1. *Times Higher Education World University (THE)*

Podemos clasificarlo como uno de los rankings basados en encuestas de opinión. Fundado en 2004 en Reino Unido, proporciona la lista definitiva de las mejores universidades del mundo con una fuerte concentración en la investigación, en las dimensiones de docencia, investigación, transferencia de conocimientos y perspectivas internacionales. A partir de esta información, que se publica en el sitio web del ranking,<sup>6</sup> los gobiernos y las universidades confían en sus datos y su capacidad para orientar las decisiones de los estudiantes a la hora de elegir dónde estudiar (Ordorika y Rodríguez Gómez, 2010).

El THE, como se muestra en la **Tabla 2**, utiliza 13 indicadores de rendimiento agrupados en cinco áreas o dimensiones, cuidadosamente ajustados para proporcionar las comparaciones más completas y equilibradas.

Para el ranking THE cada región es única, por lo que se hacen algunos ajustes para reflejar esa diferenciación y se ofrece, además, una selección de rankings, entre los que se encuentran: U.S. College Rankings, World Reputation Ranking, Latin America Rankings, Young University Rankings, Japan University Rankings, Asia University Rankings y Brics and Emerging Economies.

En el ranking de universidades de América Latina se utilizan los mismos 13 indicadores de desempeño, pero las ponderaciones se recalibran especialmente para reflejar las características de las universidades de economías emergentes.

---

6. Más información en: [www.timeshighereducation.com/world-university-rankings](http://www.timeshighereducation.com/world-university-rankings).

**Tabla 2. Definición de indicadores y métodos estadísticos del ranking THE y el THE-AL**

Dimensiones	Indicadores	THE	THE-AL	Fuente de donde se extraen los datos
		Peso	relativo %	
Enseñanza (ambiente de aprendizaje)	Encuestas de reputación (enseñanza)	15	15	Encuesta mundial de reputación académica de más de 20,000 académicos
	Proporción personal/estudiantes	4,5	5	
	Proporción doctorados/licenciaturas	2,25	5	
	Proporción doctorados otorgados/personal académico	6	5	
	Ingreso Institucional	2,25	6	
Investigación (volumen, ingresos, reputación)	Encuesta de reputación (investigación)	18	18	Base de datos amplia y creciente que contiene cientos de miles de puntos de datos en más de 1.500 universidades líderes mundiales de investigación
	Ingreso por investigación	6	6	
	Productividad por investigación	6	6	
Citaciones (influencia en la investigación)		30	20	60 millones de citas a más de 12,4 millones de artículos de revistas académicas (de la base de datos Scopus de Elsevier)
Perspectiva Internacional (personal, estudiantes, investigación)	Proporción estudiantes internacionales/locales	2,5	2,5	
	Proporción personal internacional/local	2,5	2,5	
	Colaboración Internacional	2,5	2,5	
Ingreso a la industria (transferencia de conocimiento)		2,5	2,5	

Fuente: elaboración propia

### 2.2.2. QS World University

Este ranking, también basado principalmente en encuestas de opinión, fue creado en 2004 en el Reino Unido. En términos de tamaño y alcance, es un medio incomparable para medir el sentimiento en la comunidad académica, ya que recaba información de 2000 universidades en 130 países (Albornoz y Osorio, 2018). Publica las 500 primeras universidades. A partir de 2011, comenzó a publicar las 400 universidades principales de América Latina.

Utiliza seis parámetros simples (**Tabla 3**) para capturar efectivamente el rendimiento universitario:

**Tabla 3. Definición de indicadores y métodos estadísticos ranking QS**

		QS	QS-AL	
Dimensiones	Indicadores	Peso relativo %		Fuente de donde se extraen los datos
Reputación académica	Encuestas de reputación	40	30	Propias universidades
Reputación del empleador	Encuestas de reputación	10	20	
Relación facultad/estudiante		20	10	
Citaciones por facultad		20	10	Base de datos Scopus
Relación profesores internacionales		5		
Relación estudiantes internacionales		5		
Personal con doctorado			10	
Artículos por facultad			5	
Impacto en la web			5	
Red internacional de investigación			10	

Fuente: elaboración propia

Estos indicadores se refieren a investigación, enseñanza, internacionalización, empleabilidad, infraestructura de la universidad, aprendizaje a distancia, responsabilidad social, innovación, arte, cultura e inclusión, y otros criterios provenientes de los especialistas (Albornoz y Osorio, 2018). Además, para la publicación de las principales universidades de América Latina (QS-AL), si bien utiliza la misma metodología, incluye criterios adicionales de acuerdo con las prioridades de la región, como la internacionalización.

QS Stars entiende que las universidades son diferentes entre sí y, por lo tanto, deben evaluarse en una variedad de categorías que reconocen fortalezas distintas (Asia, Región Árabe, Latinoamérica, entre otros). La metodología utilizada para QS Stars, según lo establecido en su sitio oficial,<sup>7</sup> considera que las universidades se evalúan en una serie de indicadores y, a partir de los resultados obtenidos, se les otorga entre una y cinco estrellas. Tanto la evaluación como sus resultados destacan tanto las fortalezas de las instituciones como las áreas a mejorar.

### 2.2.3. Academic Ranking of World Universities (ARWU)

El Academic Ranking of World Universities (ARWU) fue creado en China en 2003 por el Center for World-Class Universities (CWCU), en la Escuela de Graduados de Educación de la Universidad Jiao Tong (Shanghái). A pesar de que su objetivo original fue conocer el posicionamiento de las universidades chinas en comparación con las principales universidades del mundo (publicando anualmente las 500 mejores universidades del mundo), ha atraído una gran atención de universidades, gobiernos y medios públicos de todo el mundo.

7. Más información en: [www.qs.com/portfolio-items/qs-stars-sistema-evaluacion-universitaria-mas-grande-del-mundo/](http://www.qs.com/portfolio-items/qs-stars-sistema-evaluacion-universitaria-mas-grande-del-mundo/).

Actualmente, clasifica todos los años la información de aproximadamente 1800 universidades y se publican las 1000 mejores instituciones. Se basa en seis indicadores objetivos agrupados en cuatro criterios o dimensiones como los que se observan en la **Tabla 4**. Para cada indicador se asigna un valor máximo de 100 a la mejor universidad y para las otras universidades el indicador se calcula como un porcentaje proporcional de ese valor máximo. En caso de que la distribución de los datos estadísticos de cualquier indicador presente una distorsión significativa, se emplean técnicas estándar de estadística para ajustar el indicador cuando sea necesario.<sup>8</sup>

**Tabla 4. Definición de indicadores y métodos estadísticos del ranking ARWU**

Dimensiones	Indicador	Peso relativo (%)	Fuente de donde se extraen los datos
Calidad de la docencia	Exalumnos con premios nobel o medallas	10	<a href="http://nobelprize.org/">http://nobelprize.org/</a>
	Número de profesores ganadores de premios Nobel y medallas Field	20	<a href="http://www.mathunion.org/index.php?id=prizewinners">http://www.mathunion.org/index.php?id=prizewinners</a>
Calidad del profesorado	Hici: investigadores con alto índice de citación en diversos campos	20	<a href="http://www.highlycited.com">http://www.highlycited.com</a>
	N&S: artículos publicados en <i>Nature</i> y <i>Science</i>	20	<a href="http://www.webofknowledge.com">http://www.webofknowledge.com</a>
Producción investigadora	PUB: artículos indexados en Science Citation Index – Expanded (SCIE) y Social Science Citation Index (SSCI)	20	<a href="http://www.webofknowledge.com">http://www.webofknowledge.com</a>
Rendimiento per cápita	PCP: rendimiento académico per cápita de la institución (a partir de los cinco indicadores anteriores combinados y dividiéndolos entre el número de profesores a tiempo completo o equivalente)	10	Ministerio de Educación, Oficina Nacional de Estadística, Asociación de Presidentes de Universidades, entre otros similares

Fuente: elaboración propia en base a <http://www.shanghairanking.com>

#### 2.2.4. CWUR Center for World University Ranking

El CWUR comenzó como un proyecto en Jeddah, Arabia Saudita, con el fin de clasificar a las 100 mejores universidades del mundo. Ante la difusión y el interés de los medios y las universidades de ampliarlo, a partir de 2019 pasó de clasificar 1000 a 2000 de 20.000 universidades mejores de todo el mundo, pasando a ser el ranking académico global más grande del mundo. Mide desde 2012 la calidad de la educación y la formación de estudiantes, el prestigio de los miembros de las facultades y la calidad de sus investigaciones. No depende de encuestas ni de datos suministrados por las universidades (Albornoz y Osorio, 2018). Para ello utiliza siete indicadores

8. Más información en: <http://www.shanghairanking.com>.

objetivos y robustos para clasificar a las 2000 universidades más importantes del mundo. En la columna “Fuente” de la **Tabla 5** se indica en qué se basa este ranking para obtener los datos para cada indicador.

**Tabla 5. Definición de indicadores y métodos estadísticos ranking CWUR**

Dimensiones	Indicadores	Peso relativo %	Fuente de donde se extraen los datos
Calidad de la educación	Exalumnos que han recibido premios internacionales	25	Premios Nobel
	Medallas en relación al tamaño de la universidad		Premios Abel <i>Forbes Global 2000</i>
Empleo exalumnos	Exalumnos que han ocupado cargos de director ejecutivo en principales empresas del mundo/tamaño de la universidad	25	Principales empresas públicas del mundo en relación con el tamaño de la universidad en el momento de la evaluación. Las principales empresas son las que figuran en la lista <i>Forbes Global 2000</i>
Calidad de la facultad	Académicos que han ganado premios internacionales y medallas	10	Medallas Fields
Resultados de investigación	Trabajos de investigación que aparecen en revistas de primer nivel	20	Informes de citas de revistas (JCR) de Thomson Reuters e índice de referencia europeo para las humanidades (ERIH)
Influencia	Trabajos de investigación que aparecen en revistas muy influyentes	10	Organización Mundial de la Propiedad Intelectual (OMPI)
Citas	Número de artículos de investigación altamente citados	10	Las publicaciones de "artículos" más citadas en el Science Citation Index Expanded, Social Sciences Citation Index y Arts & Humanities Citation Index

Fuente: elaboración propia en base a la página [www.cwur.org](http://www.cwur.org)

### 2.3. Comparación de metodologías de los rankings estudiados

En la **Tabla 6** se presenta una síntesis de dimensiones, indicadores y peso relativo respecto del total. Con el objeto de comparar los rankings se definieron cinco dimensiones -entorno aprendizaje, investigación, internacionalización, transferencia, encuesta e impacto-, cada una conformada por los indicadores utilizados por cada ranking.

Puede observarse que estos rankings tienden a sintetizar y suministrar datos cuantitativos sobre el prestigio o la reputación de los sistemas educativos y de las universidades (Orozco *et al.*, 2015). Los rankings definen dimensiones y le dan un cierto peso relativo a cada una, lo que a su criterio define la calidad de una universidad, al establecer cuál es mejor que otra.

**Tabla 6. Comparación de dimensiones y peso asignado por los rankings estudiados**

Ranking	Entorno aprendizaje			Investigación			Internacionalización	Transferencias	Encuesta	Impacto	Total
	Enseñanza	Rendimiento per cápita	Encuestas de reputación	Investigación	Encuestas de reputación	Citaciones	Perspectiva internacional	Transferencias a la Industria	Percepción de empleadores	Impacto en la web	
THE	12,75	2,25		12	18	30	7,5	2,5			
<b>Subtotal</b>		<b>30</b>			<b>60</b>		<b>7,5</b>	<b>2,5</b>			<b>100</b>
THE-AL	15	6	15	16	18	20	7,5	2,5			
<b>Subtotal</b>		<b>36</b>			<b>54</b>		<b>7,5</b>	<b>2,5</b>			<b>100</b>
ARWU	50	10		40							
<b>Subtotal</b>		<b>60</b>			<b>40</b>						<b>100</b>
QS	20		40			20	10		10		
<b>Subtotal</b>		<b>60</b>			<b>20</b>		<b>10</b>		<b>10</b>		<b>100</b>
QS-AL	20		30	5	*	10	10		20	5	
<b>Subtotal</b>		<b>50</b>			<b>15</b>		<b>10</b>		<b>20</b>	<b>5</b>	<b>100</b>
CWUR	45			45		10					
<b>Subtotal</b>		<b>45</b>			<b>55</b>						<b>100</b>

Fuente: elaboración propia

(\*) No se hace diferencia entre encuestas de reputación del entorno aprendizaje o de la investigación, este ranking considera la reputación académica en su conjunto

A continuación, se describen las características de la construcción de cada dimensión:

- Entorno aprendizaje:* estos rankings ponderan la dimensión con un porcentaje que oscila entre un 30% y un 60% sobre el valor total que estima para cada universidad. Los rankings mayoritariamente se basan en encuestas de reputación cuya ponderación es casi un tercio del total, excepto en CWUR y ARWU, que no utilizan encuestas. En este último caso, con un porcentaje menor se evalúa la proporción de profesores/personal por alumno y la cantidad de personal académico con el máximo grado académico. A pesar de que ARWU y CWUR otorgan a esta dimensión un 60% y un 45% respectivamente, sumando el rendimiento per cápita de la institución, se basan principalmente en graduados y profesores con premios Nobel, medallas Fields y otros premios internacionales. En este punto surgen en la literatura algunos interrogantes: ¿se puede medir la capacidad docente de una universidad, la calidad de las facultades o la calidad de la enseñanza por el número de alumnos o de profesores que han ganado un premio internacional, Nobel o una medalla de reconocido prestigio en su especialidad? Y con respecto a la capacidad investigadora de una universidad, ¿es suficiente contabilizar lo publicado en Nature y Science y los artículos indexados en las bases de datos del Science Citation Index (SCI) y Social Sciences Citation Index (SSCI)? ¿Es representativa esta base de datos de las publicaciones en ciencias sociales? ¿Las publicaciones en humanidades no se consideran? (Delgado-López-Cózar, 2012). Para los estudiantes, según indica el sitio oficial del ranking QS, el factor determinado por la relación profesor/alumno es la medida más eficaz para medir la calidad de la enseñanza. Evalúa la medida en que las instituciones puedan proporcionar a los estudiantes un acceso significativo a los profesores y tutores, y reconocen que un alto número de personal por estudiante reducirá la carga de la enseñanza en cada académico individual. Este ranking le asigna un 20% del puntaje final de una institución a la proporción docentes/estudiantes. No obstante, tanto para QS como

para THE, el máximo porcentaje dentro de la dimensión de entorno aprendizaje lo reciben las encuestas de reputación, que miden el prestigio de la universidad, y de ninguna manera la calidad o el grado de satisfacción. Estos rankings se apoyan en la idea de que el prestigio es indicador de calidad (Albornoz y Osorio, 2018). Aquí la cuestión es que las encuestas miden opiniones de diferentes actores del sistema universitario (alumnos, profesores, egresados, gestores, empresarios o empleadores); es decir, miden la percepción de la calidad universitaria, pero no la calidad propiamente dicha (Delgado-López-Cózar, 2012). En particular, CWUR agrega a esta dimensión un indicador de empleo con un sesgo importante, ya que pondera a los exalumnos de una universidad que han ocupado puestos directivos en las principales empresas del mundo, poniendo la mayor importancia en el éxito internacional y sin considerar otras posiciones relevantes como la función pública, actividades en ONG o emprendimientos exitosos (Albornoz y Osorio, 2018), lo que sería un indicio relacionado con la pertinencia. Es evidente que existe una considerable disponibilidad de información normalizada de forma global sobre investigación en relación con la docencia, razón por la cual se les dificulta a los rankings la evaluación de la calidad de la enseñanza, y por ende se le suele asignar menor peso en tanto dimensión (Barkey, 2014). Esta situación permite visualizar que los datos utilizados al momento de evaluar a la universidad sobre investigación están de alguna forma legitimados, ya sea a través de la evaluación previa por pares de las producciones para su publicación o porque el que realiza la cita en los artículos publicados es un par y evalúa positivamente su contribución. En cambio, la información respecto a la docencia que se releva en estadísticas a nivel nacional puede no ser del todo confiable para mostrar calidad. La tasa de egreso, el rendimiento académico de los alumnos, la duración real de las carreras *versus* la duración teórica y la relación docente-alumno son indicadores que dependen de información que en general no está homologada entre los organismos de estadísticas de los distintos países y requieren de una interpretación en el contexto de cada sistema de educación superior, lo que se transforma en una dificultad al momento de evaluar la función docente de las universidades (Pérez Rasetti, 2018). En Argentina, en particular, dado el ingreso irrestricto de las universidades estatales y muchas de las privadas, o con ingresos en este caso con limitaciones relativamente débiles, se determina un cociente muy alto si se lo compara con otras universidades de la región como Chile o Brasil. Lo mismo ocurre con el indicador que mide la cantidad de doctores que pertenecen al plantel docente de la universidad. El sistema tradicional argentino, de grado extenso y gran peso de especialidades y maestrías, ha provocado que, sobre todo en las disciplinas de mayor tamaño, sea escasa la cantidad de docentes doctores a pesar de los incentivos del Estado (becas). Llevarán mucho tiempo los cambios en esta temática. No ocurre lo mismo en países de la región como Brasil, que después de grados cortos y maestrías académicas de menor duración han ido aumentando la planta docente con doctorados. Esto ha sido considerado por el ranking QS-AI, ya que le asigna un 10% a este indicador. Sin embargo, dos de los indicadores más utilizados para medir la dimensión de enseñanza, asociados con la función docencia, cuentan con esa legitimación previa: exalumnos con premios y la empleabilidad de los egresados (Pérez Rasetti, 2018).



- *Investigación*: excepto QS y QS-AL, los rankings, al medir la dimensión de investigación a través de citaciones científicas y encuestas de reputación en investigación, responden a la idea de productividad de la investigación con un peso relativo que va desde el 54% al 60% entre las tres dimensiones que forman parte de ella. Se las considera solo si se encuentran en la base de datos Scopus o en el Science Citation Index, aunque el mayor porcentaje, entre el 30% y el 40% del total mencionado, se lo llevan las encuestas de reputación académica que se refieren tanto a la calidad de la enseñanza como a la de investigación. Es evidente que este dato lleva implícito a un único modelo de universidad centrada en la investigación, tradición histórica, cultura académica y alta reputación como criterio de calidad (Barkey, 2014; Albornoz y Osorio, 2018). De este modo, se determina la visión de lo que se entiende por el concepto de calidad, asimilado en gran medida a la excelencia en investigación, lo que supone el modelo normativo ideal de la universidad científica.
- *Perspectiva internacional*: de los rankings analizados, sólo THE y QS consideran a la perspectiva internacional con un 7,5% y 10% respectivamente. Se basan en que una universidad altamente internacional adquiere y confiere una serie de ventajas, como expone Pérez Rasetti (2018), y demuestra capacidad de atraer docentes y estudiantes de todo el mundo, lo que a su vez sugiere que posee una fuerte marca internacional e implica una perspectiva altamente global. THE tiene en cuenta la proporción de publicaciones de investigación totales de una universidad que incluyen al menos un coautor internacional.

### **3. La medición de la calidad en la educación superior a partir de los modelos de la calidad de los servicios**

55

Según Capelleras y Vergés (2001), desde hace años la mayor parte de los autores aceptan, desde la perspectiva del marketing, una visión de la calidad del servicio que considere la percepción del cliente. Así surgieron varias investigaciones que desarrollaron un concepto operativo de la calidad del servicio, permitiendo la elaboración de escalas para su medición que han sido aplicadas a distintos servicios y cuya relevancia se debe a que suele implicar un incremento en la satisfacción y en la lealtad de los clientes (Capelleras y Vergés, 2001; Araya-Castillo, 2013). Tumino y Poitevin (2014) establecen que la mejor forma de conocer las expectativas verdaderas de los consumidores es consultándolos, pues es la única forma precisa, concreta y fiable de obtener esa información.

La calidad de los servicios no puede evaluarse del mismo modo en que se trata la de un producto o una manufactura; por esto fue necesario desarrollar técnicas específicas de medición (Tumino y Poitevin, 2014). En este sentido, se utiliza una escala de medida para evaluar la prestación del servicio en función de un conjunto de atributos representativos. La más comúnmente utilizada, aparecida a finales de los años 80, es la escala conocida como SERVQUAL (SQ) (Parasuraman *et al.*, 1988). Este instrumento mide la calidad del servicio como la diferencia entre las percepciones y las expectativas de los usuarios de los servicios. Se ha utilizado en la realización de muchas investigaciones en empresas de servicios de distinta índole:

bancos, aseguradoras, distribuidoras, hospitales, agencias de turismo, entre otras. El modelo agrupa cinco dimensiones para medir la calidad del servicio: fiabilidad (la habilidad de ejecutar el servicio prometido de manera fiable y cuidadosa), sensibilidad (la capacidad de respuesta hacia los usuarios para ofrecer un servicio rápido y adecuado), seguridad (el conocimiento y la atención de los empleados, y su capacidad para inspirar confianza y credibilidad), empatía (el grado de atención personalizada de la empresa a sus clientes) y elementos tangibles (la apariencia física de instalaciones, materiales y personas) (Parasuraman *et al.*, 1988).

Otro instrumento, conocido como SERVPERF (SF), es el preferido por ciertos autores (Cronin y Taylor, 1994), porque presenta menos problemas de validez y se consideran menos indicadores, ya que solo se toma en cuenta la percepción del cliente.

En varios estudios en los que se aplicó SQ, se han detectado ciertos problemas relacionados principalmente con la definición y operacionalización de la calidad del servicio, como una diferencia entre las expectativas y las percepciones, la generalidad de la escala y de sus cinco dimensiones y sus propiedades psicométricas de la misma (Bigné Alcañiz *et al.*, 1997; Capelleras y Vergés, 2001). Bigné Alcañiz *et al.* (1997) han realizado una revisión de varios autores que consideran clave el enfoque de la divergencia en la evaluación de la calidad del servicio, que se evidencia entre expectativas y percepciones para medir la calidad del servicio que muestra la aplicación de la escala SQ. En su artículo comparan ambos instrumentos SQ y SF, tres servicios (transporte, sanitario y enseñanza) y demuestran que SQ resulta más fiable para medir los servicios mencionados y tiene validez convergente, como así también demuestran que las cinco dimensiones (fiabilidad, sensibilidad, seguridad, empatía y elementos tangibles) identificadas por Parasuraman *et al.* (1988) pueden ser universales.

56

Por otro lado, Teas (1993) plantea un modelo de desempeño evaluado (PE, por sus siglas en inglés) que cuestiona la escala SQ, ya que el incremento de la diferencia entre las percepciones y expectativas no necesariamente refleja que aumente en forma continua la calidad percibida. Para Teas (1993), la conceptualización de las expectativas es un punto ideal en los modelos actitudinales y bajo este planteo sugiere un modelo específico. Propone puntuaciones ponderadas de la calidad del servicio (más altas para atributos con expectativas altas y percepciones también altas). No plantea dimensiones en este modelo, sino que establece elementos para que su modelo, basado en SQ, puntualice características de análisis. El autor expone dos conceptos al respecto: el modelo de desempeño evaluado (PE) y el modelo de calidad normalizada (NQ, por sus siglas en inglés), que integran el concepto de punto ideal clásico con el concepto de expectativas revisadas (Annamdevula y Bellamkonda, 2012).

Se observan dos enfoques: la calidad basada en la satisfacción de los clientes a través de la percepción del servicio recibido (Cronin y Taylor, 1994), y la calidad como la diferencia entre las expectativas y las percepciones de los clientes respecto al servicio (Parasuraman *et al.*, 1988).

En la literatura especializada existe acuerdo respecto a la importancia de la calidad del servicio de la educación superior, y en particular de la universitaria, pues esto les permite a las universidades competir y actuar con eficiencia y eficacia en el entorno educativo (Araya-Castillo, 2013). Sin embargo, a través del relevamiento de diferentes autores que ha realizado Araya-Castillo (2013), se concluye que existen diferencias entre los investigadores respecto a lo que se entiende por calidad del servicio educativo específicamente, por lo que se puede decir que no existe consenso sobre cómo definir este constructo. Esto ha llevado a que las distintas investigaciones realizadas hasta el momento difieran tanto en la metodología a aplicar como en las dimensiones o los factores que utilizan y las escalas empleadas. Las variables son muy diversas y entre ellas puede mencionarse a la satisfacción del estudiante, la diferencia entre las expectativas y las percepciones del servicio percibido, toda la experiencia del estudiante en la institución, solo las percepciones del estudiante respecto al servicio percibido, la organización de los cursos, los planes de estudio, el tamaño de las clases, la planificación académica, la inscripción, el profesor, diferentes aspectos relacionados con la enseñanza y aprendizaje, la vida social que se genera, las actividades de recreación, el asesoramiento a los estudiantes, aspectos financieros, las oportunidades laborales de la carrera y el contacto con el mercado laboral, entre otras.

### 3.1. Objetivos, dimensiones e indicadores

Los instrumentos de medición de los servicios públicos, entre ellos la educación superior, miden las expectativas y las percepciones de la calidad del servicio basada en quien recibe o utiliza el servicio (el cliente) (Araya-Castillo, 2013; Oliva y Gómez, 2014).

En este nuevo entorno competitivo, la calidad del servicio es vista por las universidades como una decisión estratégica para satisfacer las necesidades de sus clientes (sus estudiantes) y posicionarse competitivamente en los mercados en los que participan (Araya-Castillo, 2013).

Se puede observar en la **Tabla 7** los tres modelos mencionados en la sección anterior, sus dimensiones o factores, lo que miden y el resultado buscado. Algunos autores (Vergara Schmalbach y Quesada Ibargüen, 2011) afirman que la educación superior encontró que herramientas como las mencionadas en la **Tabla 7** permiten a las universidades identificar los puntos importantes sobre cuáles deben trabajar y llevar adelante los procesos de mejora para satisfacer las necesidades de sus clientes.

**Tabla 7. Comparación de modelos de medición de calidad de los servicios**

MODELO	DIMENSIONES/FACTORES									RESULTADO
	FIABILIDAD	SENSIBILIDAD	SEGURIDAD	EMPATÍA	ELEMENTOS TANGIBLES	EXPECTATIVAS (1)	PERCEPCIONES (2)	DIFERENCIAS ENTRE (1) Y (2)		
SERVQUAL (SQ)	X	X	X	X	X			X		Índice de calidad
SERVPERF (SF)	X	X	X	X	X		X			Grado de satisfacción
PE (DESEMPEÑO EVALUADO)										Brecha entre el desempeño o rendimiento percibido y la cantidad ideal de una característica
	Atributos vectoriales con puntos ideales infinitos o atributos con puntos ideales finitos, con puntuaciones ponderadas NO PLANTEA DIMENSIONES									Grado de satisfacción

Fuente: elaboración propia

En la **Tabla 8a** se muestra la diferencia de metodologías y los clientes, los modelos y los resultados para la evaluación de la calidad del servicio de las IES, según diferentes autores.

**Tabla 8a. Cuadro comparativo de los trabajos de investigación analizados para medir la calidad del servicio educativo**

AUTOR/ES	CLIENTE		MODELO	RESULTADO		
	ESTUDIANTES	DOCENTES		PERCEPCIONES ESTUDIANTES	PERCEPCIONES Y EXPECTATIVAS ESTUDIANTES	PERCEPCIONES DE ESTUDIANTES Y DOCENTES
Capelleras y Veciana (2004)	X	X	SERVPEF	X		
Ling, C. Chat, T. y Piew, H. (2010)	X		SERVQUAL		X	
Vergara Schmalbach, J. C. y Quesada Ibarguen, V. M. (2011)	X		Modelo de Oh (1999) y SERVQUAL-Ecuaciones Estructurales	X		
Annamdevula y Shekhar (2012)	X		HiEdQUAL	X		
Oliva (2014); Mejias <i>et al.</i> (2010); Duque y Chaparro (2012); Dursun <i>et al.</i> (2014); y Fitri Abu <i>et al.</i> (2008)	X		SERVQUAL SERVPERF	X		
Tumino, M. C. y Poitevin, E. R. (2014)	X	X	VARIANTE DE SERVQUAL			X
Ahmed, S. y Masud, M. M. (2014)	X		HedPERF		X	
Vega-García, L. F. (2015)	X		SERVQUAL		X	

Fuente: elaboración propia en base al trabajo de Oliva y Gómez (2014)

Los modelos de evaluación SQ y SF son los más utilizados desde la perspectiva de la percepción, aunque ambos presentan vacíos que aún no se han resuelto. Si bien es verdad que se han probado con cierto grado de éxito, algunos autores creen que no necesariamente pueden aplicarse al servicio de la educación superior (Annamdevula y Bellamkonda, 2012).

El modelo SQ ha sido criticado además por ciertos autores como Kwek *et al.* (2010), quienes argumentan que las dimensiones consideradas en la escala de este modelo no representan las características de las universidades y de los ámbitos en que se insertan. Por otro lado, en la literatura se encuentran también argumentos de que los resultados que se obtienen con la escala SQ pueden variar según el sector de servicios (Araya-Castillo, 2013), debido al grado de contacto que se presenta entre clientes y la organización, algo sumamente relevante en el contexto educativo.

Annamdevula y Bellamkonda (2012) consideran que, si bien se ha centrado la atención en que el cliente es el “estudiante”, se deben desarrollar instrumentos de medición para evaluar la calidad del servicio desde una visión de ambos clientes, los internos y los externos, especialmente los clientes internos representados por el personal académico y de apoyo. Estos autores identificaron que otros clientes potenciales que forman parte del proceso de educación en su conjunto deben ser satisfechos: los padres, el gobierno, la industria o empresa, los empleadores, los empleados, la sociedad (Araya-Castillo, 2013; Oliva y Gomez, 2014). No existe consenso sobre quiénes deben ser considerados como clientes de las IES (Capelleras y Vergés, 2001; Araya-Castillo; 2013).

59

Otros trabajos coinciden en que la calidad del servicio percibido por los alumnos es un punto estratégico que sin dudas marca una diferencia en el sistema universitario actual (Martínez-Argüelles *et al.*, 2013), por lo que consideran a los estudiantes como los principales clientes en el ámbito educativo (Araya-Castillo, 2013).

En la **Tabla 8b** se pueden apreciar las dimensiones y factores utilizados por cada estudio, donde se observan dimensiones relacionadas a la organización institucional, la organización académica, los profesores y a los alumnos. Se observa que las más elegidas por los autores son, en primer lugar, los contenidos del plan de estudios, y le siguen la competencia de los profesores, la capacidad de respuestas del personal y la efectividad de los procesos administrativos. Claramente se visualiza que es una evaluación intrínseca de la institución.

**Tabla 8b. Cuadro comparativo de los trabajos de investigación analizados para medir la calidad del servicio educativo. Dimensiones**

AUTOR/ES	DIMENSIONES/FACTORES																											
	ACTITUDES DE COMPORTAMIENTO DEL PROFESORADO	COMPETENCIA DEL PROFESORADO	CONTENIDO PLAN DE ESTUDIOS	INSTALACIONES Y EQUIPAMIENTO	ORGANIZACIÓN DE LA ENSEÑANZA	CALIDAD BIBLIOTECAS	CAPACIDAD REQUISISTAS PERSONAL EXAMENES Y PREMIOS	CANTIDAD ACTIVIDADES RECREATIVAS	PRECIO ACTUAL MATRÍCULA	PRECIO PERCIBIDO MATRÍCULA	CALIDAD SERVICIO ACADÉMICO PERCIBIDO	VALOR PERCIBIDO	SATISFACCIÓN	INTENCIÓN DE SEGUIR ESTUDIANDO	INTENCIÓN DE RECOMENDAR A LA UNIVERSIDAD	COMUNICACIÓN Y CLIMA ORGANIZACIONAL	EVALUACIONES	EFFECTIVIDAD PROCESOS ADMINISTRATIVOS	MATERIAS OPTATIVAS	TANGIBILIDAD	FIABILIDAD	EMPATÍA	SEGURIDAD	GARANTÍA	INTERNACIONALIZACIÓN	SERVICIOS DE SOPORTE O APOYO	APOYO A LA FORMACION DE ENTORNOS VIRTUALES	
Capelleras y Veciana (2004)	X	X	X	X	X																							
Ling, C. Chat, T. y Piew, H. (2010)			X			X	X	X																				
Vergara Schmalbach, J. C. y Quesada Ibarquén, V. M. (2011)			X						X	X	X	X	X	X	X													
Annamdevula y Shekhar (2012)			X	X	X													X							X	X		
Oliva (2014); Mejias <i>et al.</i> (2010); Duque y Chaparro (2012); Dursun <i>et al.</i> (2014); y Fitri Abu <i>et al.</i> (2008)																												
Tuimno, M. C. y Potevin, E. R. (2014)	X	X		X	X											X	X	X	X									
Ahmed, S. y Masud, M. M. (2014)		X					X											X		X		X		X				
Vega-García, L. F. (2015)		X	X			X	X	X										X								X	X	

Fuente: elaboración propia en base al trabajo de Oliva y Gómez (2014)

#### 4. Comparación entre las metodologías estudiadas

60

En respuesta al segundo objetivo planteado, se presenta la comparación entre las metodologías de medición de la calidad implementadas por las agencias de acreditación, los rankings universitarios y las investigaciones que incorporan modelos de medición de la calidad de los servicios.

En primer lugar, desde el punto de vista metodológico los rankings privilegian una evaluación cuantitativa mayoritariamente, mientras que tanto los procesos de acreditación como los instrumentos de medición de la calidad de los servicios educativos son cualitativos.

- Los primeros hacen una jerarquización de las instituciones sobre la base de parámetros que intentan medir la calidad de la educación superior, el nivel de investigación y algunos otros aspectos de la actividad académica, con el objeto de informar y orientar a la opinión pública (Velasco y Fernández, 2006). Estos hacen una comparación entre universidades.
- Los procesos de acreditación de las instituciones procuran orientar a las IES en su plan de desarrollo particular para el mejoramiento de la calidad de la institución (Dias Sobrinho, 2007). Las universidades se conforman con metas y objetivos diferentes entre sí, por lo que es necesaria la construcción de indicadores propios para medir su calidad.
- Asimismo, los instrumentos de medición de la calidad de los servicios de la educación universitaria se basan en dimensiones que intentan valorar el servicio ofrecido por la institución (Capelleras y Vergés, 2001).

En estos últimos dos casos, la evaluación no es comparativa, sino intrínseca de la propia institución.

En segundo lugar, respecto a las dimensiones e indicadores que utiliza cada herramienta para la aplicación de su metodología, encontramos lo siguiente:

- Las agencias de acreditación emplean indicadores relacionados con la misión y estructura organizativa de la institución universitaria (organización institucional, procesos educativos o enseñanza, recursos y rendimiento estudiantil). Y, en menor medida, encontramos otros indicadores relativos a la investigación, al impacto en la sociedad y a la vinculación de la institución con el medio.
- Los rankings definen, en su mayoría, distintas dimensiones que podrían agruparse en enseñanza, investigación y perspectiva internacional. Se observa que la investigación es la que recibe el mayor porcentaje respecto a las demás. Como indicadores para medir la investigación, por un lado se consideran solo los que figuran en base de datos reconocidas como Scopus o en el Scopus Citation Index, y por el otro se usan las encuestas de reputación académica que incluyen tanto la enseñanza como la investigación.
- Por último, los instrumentos de medición de la calidad de los servicios públicos miden las expectativas o percepciones, o la diferencia entre ambas, percibida por sus clientes. Se puede decir que aún no hay consenso respecto a quiénes considerar como clientes (estudiantes o agentes internos y externos de la institución). En cuanto a las dimensiones utilizadas por estos modelos de evaluación, algunos autores consideran la satisfacción del estudiante, otros toda la experiencia del estudiante en la institución, solo sus percepciones, la organización académica (cursos, planes de estudio, planificación, la inscripción, el profesorado, aspectos relacionados con la enseñanza) y aspectos de infraestructura de la institución, vida social del estudiante, aspectos financieros, oportunidades laborales de la carrera o contacto con el mundo laboral.

61

En tercer lugar, teniendo en cuenta la definición adoptada por cada metodología, se observa lo siguiente:

- El concepto de calidad que adoptan las agencias de acreditación en general está asociado al concepto de aseguramiento de la calidad (cumplimiento por parte de la institución de ciertos estándares mínimos) y al mejoramiento de la calidad (planteo de metas de superación continua) como un proceso de retroalimentación para cada institución en forma particular (Espinoza y González, 2012).
- Los rankings universitarios definen, por un lado, a la calidad a partir de la excelencia de la investigación y, por otro, a partir de su reputación institucional (Ordorika y Rodríguez, 2010; Barsky, 2014).
- Los modelos de evaluación de la calidad de los servicios públicos se basan en que ella está dada por la percepción (o satisfacción) de los clientes o por la diferencia entre expectativas y percepciones de los usuarios (Cronin y Taylor, 1994).

En este punto retomaremos el documento elaborado por UNESCO, que define los conceptos mencionados respecto a lo que se entiende por calidad de la educación -“La educación de calidad, en tanto derecho fundamental de todas las personas, tiene como cualidades esenciales el respeto de los derechos, la equidad, la relevancia y la pertinencia y dos elementos de carácter operativos: la eficacia y la eficiencia” (UNESCO, 2007, p. 27)- para compararlos con las definiciones que toma cada instrumento.

En este sentido, de acuerdo con lo definido por UNESCO (2007), la relevancia se refiere a que las IES deben favorecer el desarrollo de competencias necesarias para participar en los distintos ámbitos de la vida y realizar proyectos de vida relacionados con otros. La pertinencia se refiere a la necesidad de flexibilizar la enseñanza de modo que la educación ofrezca respuestas a la diversidad de necesidades de los hombres, sus contextos y limitaciones del entorno local, regional, nacional e internacional, y de este modo asegurar que los esfuerzos realizados por todos los interesados en el desarrollo de un capital intelectual y ético deseado estén alineados a los fines de una sociedad involucrada en un desarrollo sostenible. Continuando con las definiciones del documento de UNESCO, la equidad implica asegurar la igualdad de oportunidades para acceder a una educación de calidad para todos, brindándole a cada quien los recursos y la colaboración que se requiere. En otro orden, la eficacia y la eficiencia son atributos de acción pública que nos muestran la medida en que son alcanzados los objetivos y si se usan adecuadamente los recursos destinados a esta tarea. Terminan siendo elementos netamente operativos, pero no objetivos en sí mismos.

62

Se puede observar, teniendo en cuenta los conceptos definidos, que no se consideran dimensiones e indicadores en ninguna de las metodologías estudiadas que contemplen los conceptos de respeto de los derechos, ni la equidad, tampoco la relevancia o pertinencia.

En el caso de los rankings, el impacto de los artículos publicados de una institución universitaria o la reputación institucional no implican la consideración de ninguna de las dimensiones de orden social que establece la definición de calidad adoptada aquí, que incluye a la inclusión y la pertinencia. En este sentido, Albornoz y Osorio (2018) establecen que, para considerar la relevancia social al momento de evaluar la calidad de la investigación, habría que tomar en cuenta los contextos sociales, por lo que resultaría imposible medir la calidad limitándonos solo al uso de indicadores basados en bibliometría.

Se observará la posición que ocupan las universidades argentinas en los rankings mundiales a partir de los resultados que muestran las páginas oficiales de cada ranking:

- En el caso del ranking THE, no figuran las universidades argentinas en los primeros puestos. La única que aparece en el puesto 75° de THE-AL es la Universidad Nacional de Quilmes, de un total de 166 universidades latinoamericanas.



- En QS se observan solo tres instituciones universitarias argentinas que figuran entre las 400 primeras, una nacional y dos privadas: Universidad de Buenos Aires (UBA) (66°); Universidad de Palermo (326°) y Universidad Católica Argentina (377°).
- En ARWU aparecen, entre las primeras 1000 universidades, la UBA, la Universidad Nacional de la Plata y la Universidad Nacional de Córdoba.
- En CWUR, entre las posiciones 1000 y 2000, aparecen la Universidad Nacional de Cuyo y la Universidad Nacional de Rosario.

De esta forma, se puede observar que, si bien hay una representación de universidades argentinas en los rankings, esta proporción no llega al 3% de la totalidad de las universidades argentinas (públicas y privadas), que ascienden a 112 según lo publicado por la Síntesis de Información de Estadísticas Universitarias (SIEU) 2018-2019 del Ministerio de Educación de Argentina. Y si se toma el porcentaje sobre las universidades públicas (62), el porcentaje de universidades argentinas que figuran en estos rankings asciendo a un 3,2%, lo que muestra que, a pesar de que algunos rankings diferencian por región la clasificación de las instituciones universitarias, no es suficiente para incluir más universidades con contextos diferentes. Otro punto importante es que, según la SIEU, las universidades que figuran de Argentina son las de mayor tamaño en cuanto a alumnos, docentes, carreras y recursos.

En cuanto a las agencias de acreditación, al asociar el concepto de calidad a la mejora y al aseguramiento de la calidad de la propia Institución, esto no necesariamente indica que la institución asegura que sus actividades o políticas mantienen equidad, relevancia o pertinencia. Más bien se evalúa que cumpla con su misión institucional, que no necesariamente indica que la universidad sea equitativa, relevante o pertinente. Si bien el mejoramiento de la calidad institucional y el cumplimiento de ciertos estándares mínimos deben garantizar que el egresado pueda desempeñarse adecuadamente en el mundo laboral, esto no significa que se lo prepare para responder a las demandas del entorno laboral de una sociedad en su diversidad. Como se ha mencionado, solo CNA (Colombia) y SINAES (Costa Rica) incluyen en la evaluación explícitamente indicadores relacionados con el impacto en la sociedad del programa académico. Por otro lado, se observa que las agencias de acreditación sí consideran la eficacia y la eficiencia en el sentido que se evalúa si los objetivos de la institución son logrados y se utilizan adecuadamente los recursos para las actividades definidas.

63

Respecto a los modelos de evaluación de la calidad de los servicios, se considera que una institución es de calidad si ofrece un servicio educativo que satisfaga al cliente o usuario respecto al servicio recibido, por lo que no se evidencia ninguno de los conceptos de la definición de calidad planteada. Se evalúa si el servicio educativo se brinda satisfactoriamente al usuario, pero no necesariamente si es relevante, inclusivo y pertinente. Si bien las dimensiones y los indicadores de este instrumento no aluden a estas características de orden social, sí evalúan si el servicio es eficaz o eficiente para quien lo recibe.

## Conclusiones

En este trabajo se han revisado tres metodologías para medir o evaluar la calidad de la educación universitaria con el objeto de identificar qué es lo que miden y si tienen en cuenta en esa evaluación las dimensiones de orden social que se desprenden de la definición adoptada en la presente investigación, siguiendo las sugerencias de UNESCO (2007).

Si bien no es sencillo determinar y hacer operacional una metodología integral para la evaluación de la calidad de las IES, tampoco existen propuestas ideales, lo que obliga a repensar nuevos métodos válidos y fiables que incorporen dimensiones integrales en el concepto de calidad.

Organismos a nivel global como UNESCO convocan a distintos actores de la educación del mundo con el fin de introducir conceptos de inclusión, pertinencia e impacto social relacionados con la calidad de la educación superior. Sin embargo, hasta el momento son solo conceptuales y no se visualiza el desarrollo de aplicaciones prácticas. La evaluación y acreditación de universidades, la elaboración de rankings de orden mundial y los instrumentos de medición de la calidad de los servicios no contemplan esos conceptos entre las dimensiones clásicas de la universidad que sí consideran: la docencia, la investigación, la ciencia y la tecnología, la extensión.

Algunas de las razones posibles por las cuales se miden ciertas dimensiones y no otras es la facilidad de acceso a los datos, como en el caso de la investigación, aunque es cuestionable que su calidad sea por su inclusión en base de datos reconocidas como Scopus, sin considerar el impacto en el entorno social mismo. Además, los rankings no toman en cuenta los contextos locales ni los contextos sociales de las universidades, aunque haya un intento en ese sentido al diferenciar los rankings por regiones lo que no resulta suficiente, como ocurre con las universidades argentinas.

Los procesos de evaluación y acreditación tienen que valorar los criterios de pertinencia, democratización, equidad social, desarrollo local y regional y construcción de espacios públicos de discusión (Dias Sobrinho, 2007). Queda para una próxima investigación, tomando en cuenta la definición de calidad adoptada en este trabajo, que incluye dimensiones sociales como la pertinencia y la inclusión, proponer una metodología para medirlas y determinar si una institución universitaria contempla estas dimensiones de orden social como componentes indisociables de la calidad.

## Bibliografía

Aguillo, I. (2012). Rankings de universidades: el ranking Web. *Higher Learning Research Communications*, 2(1), 3-12.

Albornoz, M. y Osorio, L. (2018). Rankings de universidades: calidad global y contextos locales. *Revista Iberoamericana de Ciencia, Tecnología y Sociedad –CTS*, 13(37), 13-51. Recuperado de: <http://www.revistacts.net/contenido/numero-37/rankings-de-universidades-calidad-global-y-contextos-locales/>.

Annamdevula, S. y Bellamkonda, R. S. (2012). Development of HiEdQUAL for Measuring ServiceQuality in Indian Higher Education Sector. *International Journal of Innovation, Management and Technology*, 3(4), 412.

Araya-Castillo, L. (2013). ¿Qué hemos aprendido sobre la calidad de servicio en Educación Superior? *Revista Pilquen-Sección Ciencias Sociales*, 2(16), 1-12.

Arocho, W. R. (2010). El concepto de calidad educativa: una mirada crítica desde el enfoque histórico cultural. *Revista Electrónica: Actualidades Investigativas en Educación*, 10(1), 1-28.

Barsky, O. (2014). La evaluación de la calidad académica en debate. Volumen I. Los rankings internacionales de las universidades y el rol de las revistas científicas. Buenos Aires: Editorial UAI-Teseo (Colección UAI Investigación).

65

Bigné Alcañiz, J. E., Moliner Tena, M. Á., Vallet Bellmunt, T. y Sánchez García, J. (1997). Un estudio comparativo de los instrumentos de medición de la calidad de los servicios públicos. *Universitat Jaume I*. Recuperado de: <http://repositori.uji.es>.

Cabrera, V. A. (2005). El concepto calidad en la educación universitaria: clave para el logro de la competitividad institucional. *Revista iberoamericana de Educación*, 36(12), 1-7.

Capelleras, J. L. y Vergés, J. M. a (2001). Calidad de Servicio en la Enseñanza Universitaria: Desarrollo y Validación de una Escala de Medida. *Revista Europea de Dirección y Economía de la Empresa*, 104.

Cave, M., Hanney, S., Henkel, M. y Kogan, M. (1988, 1997). *The use of performance indicators in higher education*. Londres y Bristol: Jessica Kingsley Publishers.

Claverie, J., González, G. y Pérez, L. (2008). El Sistema de Evaluación de la Calidad de la Educación Superior en la Argentina: El modelo de la CONEAU. Alcances y Límites para Pensar la Mejora. *Revista Iberoamericana de Evaluación Educativa*, 1(2), 148-164.

CONEAU (2012). *La CONEAU y el Sistema Universitario Argentino: memoria 1996-2011*. Con colaboración de Chidichimo Gabriela. Buenos Aires: CONEAU.

Cronin J. R. y Taylor, S. A. (1994). SERVPERF versus SERVQUAL: conciliación de la medición de la calidad del servicio basada en el rendimiento y las percepciones menos expectativas. *Journal of marketing*, 58(1), 125-131.

de Fanelli, A. M. G. y Carranza, M. B. P. (2018). Los rankings y sus usos en la gobernanza universitaria. *Revista Iberoamericana de Ciencia, Tecnología y Sociedad – CTS*, 13(37), 96-113. Recuperado de: <http://www.revistacts.net/contenido/numero-37/los-rankings-y-sus-usos-en-la-gobernanza-universitaria/>.

de Vergara, D. L., Suárez, A. A. G. y Miranda, A. J. M. (2014). Calidad de la educación superior: Un análisis de sus principales determinantes. *Revista Saber, ciencia y libertad*, 9(1), 157-170.

Delgado-López-Cózar, E. (2012). Cómo se cocinan los rankings universitarios. How to cook the university rankings. *Revista Dendra médica*, 11(1), 43-58.

Dias Sobrinho, J. (2007). Acreditación de la educación superior en América Latina y el Caribe. *Revista La Educación Superior en el Mundo*, 2(7), 282-295.

Espinoza, O. y González, L. E. (2012). Estado actual del sistema de aseguramiento de la calidad y el régimen de acreditación en la educación superior en Chile. *Revista de la educación superior*, 41(162), 87-109.

66 García-Aracil, A. y Villarreal, E. (2008). Some indicators to measure regional impact of entrepreneurial universities. *Research Policy*.

Kwek, Ch. L., Lau, T. y Tan, H. P. (2010): Education quality process model and its influence on students' perceived service quality. *International Journal of Business and Management*, 5(8), 154.

Fernández Lamarra, N. y Cópola, N. (2007). Educación superior y calidad en América Latina y Argentina: los procesos de evaluación y acreditación. Caseros: Universidad Nacional de Tres de Febrero. Recuperado de: <http://agnito.siu.edu.ar>.

Lemaitre, M. J. (2007). Aseguramiento de la calidad: impacto y proyecciones. Presentación ante el Consejo Centroamericano de Acreditación. San José.

Liu, N. C., Cheng, Y. y Liu, L. (2005). Academic ranking of world universities using scientometrics-A comment to the "Fatal Attraction". *Scientometrics*, 64(1), 101-109.

Martínez-Argüelles, M. J., Callejo, M. B. y Ferrero, J. M. C. (2013). Las dimensiones de la calidad del servicio percibida en entornos virtuales de formación superior. *RUSC. Universities and Knowledge Society Journal*, 10(1), 89-106.

OCDE (2004). Education at a Glance. OCDE Indicators. París: OCDE. Recuperado de: <https://www.voced.edu.au/content/ngv:34501>.

Oliva, E. J. D. y Gomez, Y. D. (2014). Evaluación conceptual de los modelos de medición de la percepción de calidad del servicio: una mirada desde la educación superior. *Revista Suma de Negocios*, 5(12), 180-191.

Ordorika, I. y Rodríguez Gómez, R. (2010). El ranking TIMES en el mercado del prestigio universitario. *Revista Perfiles educativos*, 32(129), 8-29.

Orozco, J. E. F., Becerra, J. I. V. y Arellano, C. I. M. (2015). Perspectivas actuales sobre los rankings mundiales de universidades. *Revista de la educación superior*, 44(175), 41-67.

Palomares-Montero, D., García-Aracil, A. y Castro-Martínez, E. (2008). Evaluación de las instituciones de educación superior: revisión bibliográfica de sistema de indicadores. *Revista española de documentación científica*, 31(2), 205-229.

Parasuraman, A., Zeithaml, V. A. y Berry, L. L. (1988). Servqual: una escala de elementos múltiples para medir el consumo del consumidor. *Journal of retailing*, 64(1), 12.

Pires, S. y Lemaitre, M. J. (2008). Sistemas de acreditación y evaluación de la educación superior en América Latina y el Caribe. Conferencia regional de educación superior.

Quiles, O. L. y De Gracia, E. C. (2015). Calidad y evaluación de la educación superior. Una perspectiva transnacional a través de los rankings. *Dedica. Revista de Educação e Humanidades*, (8), 155-174.

67

Pérez Rasetti, C. (2018). Lo que los rankings dicen de la función de docencia de las universidades. *Revista Iberoamericana de Ciencia, Tecnología y Sociedad —CTS*, 13(37), 53-65. Recuperado de: <http://www.revistacts.net/contenido/numero-37/lo-que-los-rankings-dicen-de-la-funcion-de-docencia-de-las-universidades/>.

Silas Casillas, J. C. (2014). Calidad y acreditación en la educación superior: realidades y retos para América Latina. *Páginas de Educación*, 7(2), 104-123.

Strah, M. (2020). Los sistemas nacionales de aseguramiento de la calidad de la Educación Superior en Iberoamérica. Buenos Aires: CONEAU y OEI.

Teas, R. K. (1993). Expectations, performance evaluation, and consumers' perceptions of quality. *Journal of marketing*, 57(4), 18-34.

Tumino, M. C. y Poitevin, E. R. (2014). Evaluación de la calidad de servicio universitario desde la percepción de estudiantes y docentes: caso de estudio. *REICE. Revista Iberoamericana sobre Calidad, Eficacia y Cambio en Educación*, 12(2), 63-84.

Tünnermann Bernheim, C. (2006). Pertinencia y calidad de la educación superior. Lección inaugural. Recuperado de: <http://biblio2.url.edu.gt>.

UNESCO (2007). Educación de Calidad para Todos: un asunto de Derechos Humanos. Documento de discusión sobre políticas educativas en el marco de la II

Reunión Intergubernamental del Proyecto Regional de Educación para América latina y el Caribe (EPT/PRELAC). Buenos Aires: UNESCO.

Velasco, N., Martínez, Y. y Fernández, R. (2006). Indicadores y estándares internacionales de calidad universitaria. Revista: Calidad en la Educación, 25, 17-29.

Vergara Schmalbach, J. C., y Quesada Ibargüen, V. M. (2011). Análisis de la calidad en el servicio y satisfacción de los estudiantes de Ciencias Económicas de la Universidad de Cartagena mediante un modelo de ecuaciones estructurales. Revista electrónica de investigación educativa, 13(1),108-122.

### **Cómo citar este artículo**

Partal, C., Gorjup, M. T. y Vigier, H. (2022). Comparación de metodologías de medición de la calidad en la educación universitaria. Revista Iberoamericana de Ciencia, Tecnología y Sociedad —CTS, 17(51), 37-68. Recuperado de: [inserte URL]

**DOSSIER**

*La mirada CTS en la educación*







# PRESENTACIÓN

## La mirada CTS en la educación \*

Isabel P. Martins y Mariano Martín Gordillo \*\*

Cuando propusimos a la dirección de la *Revista Iberoamericana de Ciencia, Tecnología y Sociedad –CTS*, la edición de un número que tratara sobre la mirada CTS de la educación nos movía actualizar lo que en 2005 ya coordinamos con el título de “Educación CTS”. Han transcurrido diecisiete años desde aquella publicación y tanto la educación como la sociedad han sufrido importantes cambios, muchos de ellos derivados de las tecnologías.

71

La vigencia de los estudios CTS en general, y en la educación en particular, durante tantos años muestra que, lejos de ser una moda pasajera, es una línea de estudios y de investigación cuya fortaleza es labor de muchos investigadores y docentes apoyados por instituciones como la Organización de Estados Iberoamericanos para

---

\* Los autores de esta presentación coordinaron la elaboración del dossier y evaluaron todos los artículos contenidos en él. También, en el marco de la convocatoria abierta “La mirada CTS en la educación” (febrero-junio de 2022), fueron los encargados de revisar el material enviado a la Secretaría Editorial de *CTS* y de seleccionar en última instancia los trabajos de Becerra y Rojas-Álvarez y dos Santos Oliveira *et al.* La selección de estos dos textos se decidió a partir de su idoneidad y relevancia para el dossier. *CTS* informa que la examinación realizada no implica una falta de mérito de los demás artículos enviados a la convocatoria y que, si así lo desearan, sus autores pueden reenviar sus trabajos para que sean reevaluados con vistas a una potencial publicación en un número futuro de la revista.

\*\* *Isabel P. Martins*: professora catedrática de didática das ciências, Universidade de Aveiro, Portugal, e membro do CIDTFF – Centro de Investigação em Didática e Tecnologia na Formação de Formadores. Presidente da Associação Ibero-Americana CTS na Educação em Ciência desde 2012. Consultora do Ministério da Educação de Portugal, autora de programas de química para o ensino secundário e de formação de professores para o ensino experimental das ciências. Mais informações disponíveis em: <https://blogs.ua.pt/isabelpmartins/>. *Mariano Martín Gordillo*: profesor de filosofía en enseñanza secundaria y profesor asociado en el Departamento de Ciencias de la Educación de la Universidad de Oviedo, España. Ha colaborado con las Cátedras CTS+I de la Organización de Estados Iberoamericanos y ha sido ponente en numerosas actividades de formación docente y asesoramiento técnico celebradas en Argentina, Bolivia, Brasil, Chile, Colombia, Cuba, El Salvador, España, Guatemala, México, Paraguay, Perú, Portugal, República Dominicana y Uruguay.

la Educación, la Ciencia y la Cultura (OEI) y de asociaciones como la Asociación Iberoamericana Ciencia-Tecnología-Sociedad en la Educación en Ciencias (AIA-CTS) y sus Seminarios Iberoamericanos CTS que, convocados cada dos años, van ya por la octava edición.

Hay distintos aspectos de la vida cotidiana que han dado mayor relevancia al enfoque CTS en la educación. De una parte, el deterioro ambiental y la necesidad de que en la educación los temas relativos a la sostenibilidad estén presentes de una forma transversal. En 2005 ya era un tema importante, pero en la actualidad puede ser considerado como uno de los problemas globales más relevantes.

También nuestra sociedad se ve envuelta en una tecnificación de la vida cada vez más intensa; estamos rodeados de algoritmos que tratan de conducir nuestras decisiones y que influyen en muchas partes de nuestras vidas. Igualmente, los canales de información, con la aparición de las redes sociales, son cada vez más diversos y es una imperiosa necesidad que nuestros estudiantes logren un pensamiento crítico que les haga capaces de tomar sus decisiones. Enseñar a valorar debe ser uno de los fines de la educación para que se formen ciudadanos capaces de ser capaces de filtrar los distintos estímulos externos para que no mediaticen sus decisiones.

En los últimos años, el mundo ha sufrido una pandemia que ha dado mayor valor a la cultura científica como instrumento para ser capaces de distinguir las informaciones científicas y veraces de otras anticientíficas, basadas en supersticiones y creencias.

72

La ciencia, la comprensión pública de la ciencia, la cultura científica y la ciudadanía son dimensiones del pensamiento humano que deben estar presentes en todos los procesos educativos. Para ello, es importante tener en cuenta la investigación científica en la educación y, en particular, en la educación CTS y la didáctica de las ciencias. No será posible, en este dossier, abarcar todos los temas, pero los textos elegidos para integrarlo reflejan enfoques revisados y contextualizados en el momento actual. Contamos con textos escritos en ambos idiomas, español y portugués, demostrando que es posible comunicarse en la comunidad iberoamericana, cada uno hablando su propio idioma, sin tener que recurrir a la traducción a un tercero para entenderse. Las lenguas iberoamericanas tienen esta particularidad y ventaja y los investigadores la reconocen y la aprovechan.

En total, 31 autores firmaron los 12 artículos del dossier, lo que demuestra que la ciencia se construye sobre el trabajo en equipo. Es así en las ciencias experimentales, pero también en las ciencias sociales. Veamos, brevemente, el enfoque de cada artículo. El orden de lectura queda a criterio de cada uno, de acuerdo con las preferencias o la relevancia del tema para trabajos en curso o futuros.

El dossier comienza con dos artículos centrados en uno de los temas más relevantes de la tradición CTS como es el de la naturaleza de la ciencia. Un asunto, por lo demás, especialmente relevante en el ámbito educativo y sobre el que predominan las visiones deformadas, conformadas y conformistas propias de la concepción heredada y de una la consideración lineal, neutra y en general alejada de las vicisitudes propias de la condición humana y el devenir histórico de los saberes.

Ambos artículos analizan la presencia de los temas de naturaleza de la ciencia en el sistema educativo español desde enfoques complementarios. El de Antonio García Carmona, “La naturaleza de la ciencia en las metas de aprendizaje de las sucesivas reformas curriculares en España: un análisis desde la tradición CTS”, lleva a cabo un análisis de los sucesivos currículos de educación secundaria obligatoria prescritos en España en las últimas décadas con un acercamiento cualitativo que revela una evolución muy limitada de los contenidos evaluables relacionados con la naturaleza de la ciencia en relación con otros aspectos de la enseñanza de las ciencias, respecto de los cuales aquellos siguen quedando postergados.

En el artículo de Juan José Vicente, Natalia Jiménez-Tenorio y José María Oliva, “Ideas de futuros profesores de secundaria sobre la naturaleza de la ciencia para la elaboración de criterios formativos en este ámbito”, se analiza la percepción de los graduados en titulaciones de ciencias de biología, geología, física y química que ingresan en el máster en profesorado de educación secundaria de la Universidad de Cádiz a partir de cuestionarios abiertos que incluyen aspectos epistémicos y no epistémicos que también permiten análisis cualitativos. Entre los resultados de la investigación se señalan algunas diferencias en las visiones sobre la naturaleza de la ciencia según la especialidad de procedencia. Finalmente, se proponen esquemas progresivos para el abordaje de los temas de naturaleza de la ciencia con un papel destacado de los casos históricos concretos para facilitar la superación de las visiones más ingenuas o deformadas.

Desde Portugal Celina Tenreiro-Vieira y Rui Marques Vieira nos presentan el artículo “Pensamento crítico e criativo para uma educação ciência-tecnologia-sociedade”, en el que reflexionan acerca de un tema sobre el que tienen muchos trabajos publicados. La relevancia del pensamiento crítico y creativo (PCC) es hoy, sin duda, una línea de investigación, formación e intervención de creciente importancia en interacciones CTS complejas. La educación, la formación y la ciudadanía no prescinden de competencias definidas en el marco conceptual propio del PCC, traducibles en capacidades adecuadas a comportamientos individuales y sociales deseables en entornos donde proliferan problemas de creciente complejidad. Pensar, reflexionar y operacionalizar la formación docente, en este contexto, debe ser una prioridad con miras a diseñar y desarrollar prácticas didáctico-pedagógicas adecuadas a los estudiantes y contextos, guiadas en torno a cinco elementos clave (5C): pensamiento crítico, pensamiento creativo, comunicación, colaboración y ciudadanía.

73

Por su parte, la investigadora colombiana Diana Parga Lozano muestra en su artículo, “Del CTSA educativo a la ambientalización del contenido y la formación ciudadana ambiental”, una panorámica sobre el enfoque CTS/CTSA repasando su evolución reciente y tallando diversas dimensiones conceptuales para reivindicar la relevancia de las cuestiones sociocientíficas y las cuestiones socialmente vivas especialmente en la enseñanza de la química.

El siguiente artículo, de la investigadora portuguesa Carla Morais, lleva por título “Ciência cidadã e educação CTS/CTSA: perspectivando contributos, desafios e oportunidades” y pone de manifiesto la importancia de la educación en ciencias conjugando la orientación CTS/CTSA con una perspectiva de ciencia

ciudadana, mostrando la complementariedad de ambas a través de la implicación de los estudiantes en proyectos reales relativos a cuestiones sociocientíficas de la actualidad. La metodología de participación defendida, utilizando procesos propios de la investigación científica sobre problemas de impacto a escala local, nacional o global, permite la construcción de aprendizajes relevantes desde el punto de vista personal y social. Esta perspectiva de trabajo didáctico, exigente para los docentes, y por tanto debiendo ser considerada durante su formación, permite que los conceptos canónicos adquieran un sentido funcional y que los estudiantes desarrollen competencias científicas que generen la capacidad de tomar decisiones a partir de contextos sociales. Conectar la ciencia, la comunidad científica y la sociedad es un propósito de la ciencia ciudadana. La orientación CTS/CTSA contribuye a conceptualizar el campo de investigación educativa de la ciencia ciudadana y la ciencia ciudadana, a su vez, es una forma de operacionalizar los objetivos de la educación científica orientada a CTS/CTSA.

Desde Brasil, Maria Delourdes Maciel, Ricardo Pereira Sepini, Sonia Aparecida Cabral y Everton Joventino da Silva nos presentan su trabajo “Educação CTS e as pesquisas acadêmicas do Núcleo Interdisciplinar de Estudos e Pesquisas em CTS (NIEPCTS): estado do conhecimento de 2011 a 2022”. El artículo destaca la importancia de la educación CTS en los documentos prescriptivos de las leyes de directrices y bases de la educación nacional y en los parámetros curriculares vigentes en Brasil. Los conocimientos, las destrezas, las habilidades, las actitudes y los valores son esenciales para la promoción de la ciudadanía y reflejan los propósitos de la educación CTS, que deben continuar a lo largo de la trayectoria escolar, traducidos en documentos curriculares que concuerdan con ello. En el contexto brasileño, algunos grupos de investigación se han dedicado a estudiar la enseñanza de las ciencias desde la perspectiva CTS. El presente trabajo presenta el aporte del NIEPCTS en literatura gris (disertaciones y tesis), en la década 2011-2022, y sus aportes al diseño de currículos, prácticas docentes, y en la formación docente.

“El papel de los proyectos de investigación con enfoque CTS en el diseño de un nuevo modelo de currículo de ciencias en Panamá”, una colaboración conjunta de los investigadores españoles y panameños Blanca Puig, Luis Fernández López, María Heller, Lineth Campos Romero y Krystel Del Rosario, se centra en un programa desarrollado en distintas escuelas panameñas de educación primaria y orientado al desarrollo de prácticas científicas a partir de la idea de las progresiones de aprendizaje. Se muestra el diseño de pequeños proyectos de investigación CTS en el marco de un programa de formación docente y se analiza la dimensión social de los proyectos elaborados y las dificultades y potencialidades percibidas por los docentes implicados.

Damián Lampert y Silvia Porro nos presentan el artículo “Educación alimentaria con enfoque CTS en Argentina”. La educación alimentaria ha tomado un importante papel en la formación ciudadana tanto por sus aspectos relacionados con la salud como por aquellos relacionados con la sostenibilidad. El ensayo realiza un completo estado del arte de la educación alimentaria en Argentina, tanto desde el punto de vista de su importancia como desde su inserción curricular, que va desde las humanidades hasta las ciencias consideradas duras especialmente química y biología.

De nuevo desde Brasil, Denise de Freitas, Mariana dos Santos, Alice Helena Campos Pierson y Genina Calafell ofrecen el artículo “Uma ferramenta avaliativa CTS – FACTS – para avaliação de processos e produtos na educação científica”, dedicado a la construcción de un instrumento de evaluación de prácticas de formación docente, materiales didácticos y programas educativos, diseñado para la formación científica crítica y reflexiva de carácter CTS, denominado FACTS. Los procedimientos metodológicos, de los que participaron investigadores experimentados de seis países, según el Método Delphi, se describen en detalle y evidencian profundidad y rigor en el camino seguido. El proceso de colaboración entre investigadores demuestra que la investigación científica en el campo de los estudios CTS gana profundidad y, por lo tanto, debe practicarse. Los problemas de la educación en ciencias son transversales a las sociedades y su resolución, o mitigación, requiere de una intervención múltiple y articulada.

Desde Colombia, Javier Jiménez Becerra y Jorge Rojas-Álvarez nos presentan una experiencia sobre la incorporación del enfoque CTS en la formación de ingenieros con el título “CTS en la educación en ingeniería: Aportes de la Red de Ingeniería, Tecnología y Sociedad”. La formación de ingenieros suele adolecer de una mirada social de su trabajo. Por ello es imprescindible que se incorporen los estudios sociales de la ciencia en la formación de ingenieros y se realice una valoración del impacto de la creación de tecnologías que tienen mucha importancia en la vida cotidiana de los ciudadanos.

“Orientações ciência, tecnologia e sociedade (CTS) e pensamento crítico no ensino de ciências: compreensões tecidas a partir do mapeamento de pesquisas brasileiras” es un nuevo artículo recibido desde Brasil, cuyos autores -Rosilene dos Santos Oliveira, Bruna Marques Duarte, Neide Maria Michellan Kiouranis y Luciano Carvalhais Gomes- abordan la relación entre el enfoque CTS y el pensamiento crítico (PC), uno de los ejes de trabajo que buscábamos en este dossier. Dos Santos Oliveira et al. exploran la respuesta a la pregunta: ¿qué características emergen de las investigaciones nacionales que relacionan CTS/PC? Para ello se basan en las publicaciones existentes en la Biblioteca Nacional de Tese e Dissertações (BDTD) y la base de datos de la Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES). Los autores evidencian que se trata de una línea poco trabajada hasta el momento y que requiere de impulso, dada la gran importancia que para ellos tienen las conexiones CTS/PC.

Cierra este número un artículo de Mariano Martín Gordillo y Ángela Martín Carranza, titulado “Ilusión algorítmica y culturas examinadoras. Dos casos paradigmáticos: la EBAU y el examen MIR”, en el que se aporta una mirada CTS de la matemática. Aunque la matemática ha sido bastante excluida de los estudios CTS en la educación, desde hace años se han venido realizando diálogos entre especialistas en CTS y en educación matemática que han permitido que se vayan produciendo avances significativos. Los autores nos presentan una investigación sobre el uso de la propia matemática en dos de los procesos de selección y ordenamiento más relevantes en España: la EBAU y el MIR. El artículo también aborda una mirada crítica sobre los exámenes y sus calificaciones. Son catorce puntos desde los que se propone una cultura “abolicionista” que redundaría en un cambio muy positivo en la educación.

*La mirada CTS en la educación* se publica cuando han pasado casi tres años desde el comienzo de la pandemia de COVID-19 y ocho meses después de la invasión de Ucrania. No son estos los temas que guían este dossier, pero las reflexiones e intervenciones educativas, en particular las de carácter CTS, nunca pueden ignorar el tiempo en el que se construyen y los problemas que afectan a la sociedad. Esto es lo que caracteriza la mirada CTS de los educadores e investigadores.

### **Cómo citar este artículo**

Martins, I. P. y Martín Gordillo, M. (2022). La mirada CTS en la educación. *Revista Iberoamericana de Ciencia, Tecnología y Sociedad —CTS*, 17(51), 71-76. Recuperado de: [inserte URL]

**La naturaleza de la ciencia en las metas de aprendizaje  
de las sucesivas reformas curriculares en España:  
un análisis desde la tradición CTS**

**A natureza da ciência nos objetivos de aprendizagem  
das sucessivas reformas curriculares em Espanha:  
uma análise da tradição CTS**

***The Nature of Science in the Learning Goals  
of the Successive Curricular Reforms in Spain:  
An Analysis from the STS Tradition***

**Antonio García-Carmona \***

En este artículo se analiza el peso educativo de la comprensión de la naturaleza de la ciencia (NDC) en las sucesivas reformas del currículo para la educación científica básica en España. El análisis se delimita a las cuatro prescripciones oficiales de enseñanzas mínimas de los últimos 30 años en este país. Mediante la aplicación de un método de análisis cualitativo de contenido, y tomando como referencia teórica la comprensión de la NDC desde la tradición ciencia-tecnología-sociedad (CTS), se analizan las propuestas curriculares oficiales para las áreas o materias de ciencia escolar correspondientes a la Educación Secundaria Obligatoria (ESO, 12-16 años). Los resultados del análisis muestran que, si bien globalmente ha habido alguna evolución en la atención a la NDC en las propuestas de aprendizajes evaluables de la ciencia escolar, esta es bastante discreta y con un peso muy pequeño, si se compara con otros contenidos del currículo. El dato positivo es que las prescripciones curriculares españolas, dentro de dicha parquedad, dan más peso a los rasgos no epistémicos que a los epistémicos de la NDC. Como conclusión, la NDC ha sido (y es) concebida como un contenido de segundo orden y con poca importancia en las prescripciones oficiales para la educación científica básica en España.

77

**Palabras clave:** ciencia escolar; naturaleza de la ciencia; reformas curriculares; tradición CTS

---

\* Doctor en didáctica de las ciencias experimentales. Catedrático de universidad adscrito al Departamento de Didáctica de las Ciencias Experimentales y Sociales de la Universidad de Sevilla, España. Correo electrónico: [garcia-carmona@us.es](mailto:garcia-carmona@us.es). ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5952-0340>.

Este artigo analisa o peso educativo da compreensão da natureza da ciência (NDC) nas sucessivas reformas do currículo da educação científica de base em Espanha. A análise limita-se aos quatro requisitos oficiais mínimos de educação dos últimos 30 anos neste país. Aplicando um método de análise qualitativa do conteúdo, e tomando como referência teórica o entendimento do NDC da tradição ciência-tecnologia-sociedade (CTS), são analisadas as propostas curriculares oficiais para as áreas ou disciplinas da ciência escolar correspondentes ao Ensino Secundário Obrigatório (ESO, 12-16 anos). Os resultados da análise mostram que, embora globalmente tenha havido alguma evolução na atenção prestada à NDC nas propostas de aprendizagem avaliável na ciência escolar, esta é bastante discreta e com um peso muito pequeno, se comparada com outros conteúdos do currículo. O facto positivo é que as prescrições curriculares espanholas, dentro desta parcimónia, dão mais peso às características não epistémicas do que às características epistémicas do NDC. Como conclusão, o NDC foi (e é) concebido como um conteúdo de segunda ordem com pouco importância educativo nas prescrições oficiais para a educação científica básica em Espanha.

**Palavras-chave:** ciência escolar; natureza da ciência; reformas curriculares; tradição CTS

*This article analyzes the educational weight of the understanding of nature of science (NOS) in the successive curricular reforms for basic science education in Spain. The analysis is limited to the four educational provisions of the last 30 years in this country. Through a qualitative content analysis method, and taking as a theoretical reference the understanding of NOS from the science-technology-society (STS) tradition, the official curricular proposals for the areas or subjects of school science corresponding to Compulsory Secondary Education (CSE, 12-16 years old) are analyzed. The results of the analysis show that, although overall there has been some evolution in the attention paid to NOS, in the proposals of assessable learnings for school science, this is quite discreet and with a very small weight if compared with other content of the curriculum. The positive data is that the Spanish curricular prescriptions, within that scarcity, give more weight to the non-epistemic than to the epistemic features of NOS. As a conclusion, NOS has been (and is) conceived as a second-order content with little educational importance in the official prescriptions for basic science education in Spain.*

**Keywords:** curricular reforms; nature of science; school science; STS tradition



## Introducción

En el ámbito de la didáctica de las ciencias experimentales, se denomina naturaleza de la ciencia (NDC, en adelante) al conjunto de rasgos característicos del conocimiento científico, de la actividad que desempeñan las personas dedicadas a la ciencia y de los factores que influyen en el desarrollo de este campo del saber humano (McComas y Clough, 2020). La comprensión de este metaconocimiento de la ciencia<sup>1</sup> (Acevedo y García-Carmona, 2016; White *et al.*, 2011) está considerada como una dimensión esencial de la competencia científica deseable para la ciudadanía (NGSS Lead States, 2013; Organization for Economic Co-Operation and Development - OECD, 2019; National Science Teaching Association - NSTA, 2020). Así lo reflejaba el informe de la Fundación Nuffield (Osborne y Dillon, 2008), publicado hace ya casi tres lustros, en su análisis crítico de la educación científica que se venía implementando en Europa:

“(...) para mejorar la capacidad del público de participar en cuestiones sociocientíficas, se requiere no solo un conocimiento del contenido de la ciencia, sino también un conocimiento de “cómo funciona la ciencia”; un elemento que debería ser una componente esencial de cualquier plan de estudios de ciencias en la escuela” (Osborne y Dillon, 2008; p. 8; traducción propia).

Más recientemente, una de las asociaciones de profesorado de ciencia más influyentes del mundo, la NSTA, mostraba en su página web oficial la posición que sostiene con respecto al aprendizaje de la NDC en pro de una alfabetización científica apropiada de los estudiantes:

“La naturaleza de la ciencia (NDC) es un componente crítico de la alfabetización científica que mejora la comprensión de los estudiantes de los conceptos científicos y les permite tomar decisiones informadas sobre cuestiones personales y sociales con base científica. [...] Todos los educadores de ciencia y quienes participan en la enseñanza y el aprendizaje de la ciencia deberían [...] reconocer que la NDC debe enseñarse explícitamente junto con las prácticas de ciencia e ingeniería, las ideas básicas de la disciplina y los conceptos transversales” (NSTA, 2020; traducción propia).

Además, en el último marco teórico para la definición de la competencia científica en el programa PISA (OECD, 2019), que concierne al sistema educativo español por su participación en él, se establece, bajo la denominación de conocimientos epistémicos, que la comprensión de aspectos de NDC es una de las tres dimensiones nucleares de esta competencia. Con lo cual, cabría esperar que todo sistema educativo participante en las pruebas PISA dedicase una atención de proporción similar (alrededor de un

---

1. Este metaconocimiento, en permanente revisión, se construye principalmente a partir los estudios de la filosofía, la historia y la sociología de la ciencia, incluyendo algunas aportaciones de las ciencias cognitivas.

tercio) en sus planes de estudio para el desarrollo de la competencia científica en los niveles educativos básicos.

Una comprensión deseable de la NDC incluye, entre otros aspectos, que la aceptación de conocimiento científico es un proceso complejo, no exento de dificultades y errores, que debe superar procesos rigurosos de investigación y escrutinio hasta conseguir evidencias que lo sustenten (García-Carmona y Acevedo, 2018). De esa forma, el conocimiento científico establecido puede considerarse fiable y, a la vez, provisional; es decir, que es el mejor conocimiento disponible en ese momento, pero susceptible de ser modificado si aparecen nuevas pruebas que lo cuestionen. Además, la NDC integra entre sus características que el progreso científico no es solo el resultado de prácticas racionales o epistémicas, sino también de actividades y factores de cariz no epistémico, tales como la financiación económica recibida para la investigación, los intereses político-sociales y empresariales, la competitividad, el nacionalismo científico, etc. (Acevedo y García-Carmona, 2016; Erduran y Dagher, 2014; García-Carmona, 2021a).

El entendimiento de dichos rasgos de la ciencia resulta especialmente útil para combatir, por ejemplo, las pseudociencias, que basan sus argumentos en suposiciones falsas o que no han sido sometidas a ningún proceso de contrastación (Good, 2011). Igualmente, sirve para enfrentar a negacionistas de la ciencia, que creen en teorías conspirativas, en farsantes que se hacen pasar por expertos y en el hecho de que la ciencia solo es fiable si es infalible (McIntyre, 2021). La necesidad de manejar conocimientos básicos de la NDC se ha puesto claramente de manifiesto en el transcurso la pandemia del COVID-19 (García-Carmona, 2021b). Por consiguiente, la participación de la ciudadanía en cuestiones relacionadas con la ciencia será tanto más responsable, e intelectualmente crítica, cuanto mejor sea su comprensión de la NDC (García-Carmona y Acevedo, 2018; Zeidler *et al.*, 2002). De ahí que se sugiera atender este contenido educativo desde edades tempranas (Akerson *et al.*, 2011; Cañal *et al.*, 2016; NGSS Lead States, 2013), con el fin de empezar a cimentar pronto el desarrollo de una sólida competencia científica entre los escolares.

Sin embargo, todos estos argumentos no parecen ser suficientes para que la NDC adquiera la relevancia esperada en la educación científica básica de algunos países como España (García-Carmona, 2021c). En la bibliografía especializada se vienen apuntando, desde hace años, algunos motivos que subyacen tras esta situación, como la deficiente formación del profesorado de ciencias en NDC y su pedagogía (Lederman, 2006; García-Carmona *et al.*, 2011), o la falta de convicción educativa del profesorado que, aun con la formación apropiada, decide priorizar otros contenidos de ciencia escolar antes que la NDC (Waters-Adams, 2006). Esto último puede ser, incluso, razonable si la NDC no se establece en los currículos oficiales de ciencia como un contenido básico y prioritario con objetivos de aprendizaje específicos (Olson, 2018; García-Carmona, 2022a).

En consecuencia, la condición necesaria, aunque no suficiente, para que la comprensión de nociones de NDC sea asumida como un propósito educativo esencial, es que las prescripciones curriculares oficiales lo dicten como tal. Hace tres décadas, en la presentación del currículo de enseñanzas mínimas correspondientes al área

de ciencias de la naturaleza para la Educación Secundaria Obligatoria (ESO, 12-16 años), en el marco de la LOGSE,<sup>2</sup> se decía:

“El currículo de esta área ha de corresponderse con la naturaleza de la ciencia, como actividad constructiva y en proceso, en permanente revisión, y que consiste en esa actividad tanto como en los productos de conocimientos adquiridos en un momento dado” (Boletín Oficial del Estado, 1991, p. 35).

Pero ¿se trataba solo de una mera declaración de buenas intenciones, o efectivamente la NDC impregnaba tal disposición curricular en todo su desarrollo? ¿Ha sucedido esto mismo en las sucesivas reformas curriculares para la educación científica básica en España? Para responder a estas preguntas generales, habría que analizar las siguientes cuestiones más específicas:

1. ¿Qué peso ha tenido (y tiene) la comprensión de la NDC en el conjunto de aprendizajes evaluables para la educación científica básica, en las reformas curriculares de las tres últimas décadas?
2. ¿Ha habido alguna evolución al respecto a lo largo de estas reformas curriculares?
3. ¿A qué aspectos de la NDC se da prioridad en los currículos oficiales de ciencia escolar de tales reformas?

81

El objetivo de este trabajo es responder a estos interrogantes. Para ello, se lleva a cabo un análisis cualitativo de los diferentes currículos oficiales de ciencia escolar para la Educación Secundaria Obligatoria (ESO), desde la LOGSE hasta la actual LOMLOE.<sup>3</sup> El referente teórico usado en este análisis es la conceptualización de la NDC en el marco de la tradición ciencia-tecnología-sociedad (CTS) (Acevedo y García-Carmona, 2016; García-Carmona y Acevedo-Díaz, 2018).

## 2. La naturaleza de la ciencia en el marco de la tradición CTS

Todo intento por definir un constructo tan poliédrico como la NDC es siempre complicado. No obstante, se puede convenir que la ciencia es tanto un cúmulo de conocimientos (hechos, definiciones, conceptos, modelos, leyes, teorías, etc.) como una forma de conocer (creativa, controvertida, colaborativa, basada en pruebas, intersubjetiva, tentativa, etc.), que aplica un compendio de procesos (observación, medición, clasificación, modelización, argumentación, inferencia, teorización, etc.) y métodos (inductivo, deductivo, abductivo, etc.), cuyo desarrollo está influenciado por la

---

2. Ley Orgánica 1/1990, de 3 de octubre, de Ordenación General del Sistema Educativo (Boletín Oficial del Estado, 1990).

3. Ley Orgánica 3/2020, de 29 de diciembre, por la que se modifica la Ley Orgánica 2/2006, de 3 de mayo, de Educación (Boletín Oficial del Estado, 2020).

tecnología disponible, el contexto socioeconómico y cultural, etc. (Acevedo y García-Carmona, 2016; Aikenhead y Ryan, 1992; Allchin, 2011; Bell, 2009; Irzik y Nola, 2014; NGSS, 2013). Otra cuestión diferente es determinar cuáles de todos estos aspectos deberían integrar el conjunto de saberes básicos acerca de la ciencia como parte de los propósitos de la educación científica.

No exento de controversia, en las dos últimas décadas han predominado algunas propuestas sobre otras en cuanto a qué contenidos de NDC tratar en la enseñanza de la ciencia. Una de esas propuestas es la de Lederman (2006), quien sugiere centrar la atención en los siete principios de NDC siguientes: a) diferencias entre observación e inferencia, b) relación y distinción entre leyes y teorías científicas, c) papel de la creatividad e imaginación en la ciencia, (d) carácter subjetivo del conocimiento científico, e) influencia del contexto social y cultural en el desarrollo de la ciencia, f) carácter provisional o tentativo del conocimiento científico, y g) base empírica del conocimiento científico. Como se puede ver, la propuesta está bastante escorada a rasgos racionales o epistémicos de la naturaleza del conocimiento científico; y solo uno de los principios citados se refiere a la interacción de la ciencia con el contexto sociocultural. De modo que la naturaleza de los procesos de la ciencia queda bastante desatendida, lo mismo que los rasgos no epistémicos de la NDC (García-Carmona y Acevedo-Díaz, 2018).

82

Afortunadamente, han surgido después otras propuestas alternativas más completas (Acevedo y García-Carmona, 2016; Acevedo *et al.*, 2017; Erduran y Dagher, 2014; Irzik y Nola, 2014), que dan un mayor peso a los rasgos no epistémicos de la NDC, con referencias a aspectos contextuales, sociales y psicológicos que son tan determinantes como los epistémicos en el desarrollo de la ciencia (Elliott y McKaughan, 2014; García-Carmona, 2021a). En el ámbito iberoamericano, estas propuestas suelen encuadrarse en la tradición CTS (Acevedo y García-Carmona, 2016; Bennàssar *et al.*, 2010; Muñoz, 2014).

Una de esas propuestas es la de Acevedo y García-Carmona (Acevedo y García-Carmona, 2016; García-Carmona y Acevedo, 2018), que la han utilizado como eje vertebrador de un proyecto educativo orientado a aprender sobre NDC mediante el análisis de controversias de historia de la ciencia (Acevedo *et al.*, 2017). Estos autores hacen una propuesta que trata de ofrecer una visión más holística del constructo NDC, con una atención equilibrada a aspectos tanto epistémicos como no epistémicos de este. La propuesta se sintetiza en la **Tabla 1**, y será la que se emplee como marco de referencia en el presente estudio.

**Tabla 1. Propuesta de contenidos de NDC, coherente con la tradición CTS, para la educación científica básica**

Aspectos epistémicos de la NDC	
Naturaleza de los procesos de la ciencia	Naturaleza del conocimiento científico
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Diferencias entre observación e inferencia</li> <li>- Pluralidad metodológica en la ciencia</li> <li>- Significado y papel de las hipótesis</li> <li>- Creatividad e imaginación de los científicos en sus investigaciones</li> <li>- Papel de la experimentación en el desarrollo de la ciencia</li> <li>- Papel de los errores en el desarrollo de la ciencia</li> <li>- Influencia de las creencias, actitudes y habilidades de los científicos en sus investigaciones</li> <li>- Interés de las controversias científicas en el desarrollo de la ciencia</li> <li>- Influencia de la especialización de los científicos en la planificación y desarrollo de sus investigaciones</li> <li>- Papel de las preguntas en la investigación científica</li> <li>- Papel de la modelización en ciencia</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Características de las leyes, modelos y teorías científicas, así como sus diferencias y relaciones</li> <li>- Diferencias y relaciones entre ciencia y tecnología</li> <li>- Carácter dinámico y provisional del conocimiento científico</li> <li>- Convivencia y/o dominancia de unas teorías científicas sobre otras</li> </ul>
Aspectos no epistémicos de la NDC	
Internos a la comunidad científica	Externos a la comunidad científica
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Papel de la comunicación científica</li> <li>- Relaciones profesionales y personales entre científicos</li> <li>- Personalidad de los científicos</li> <li>- Papel de la comunidad científica en la aceptación de nuevo conocimiento científico</li> <li>- Grupos de poder en la comunidad científica</li> <li>- Colectividad científica</li> <li>- Competitividad científica</li> <li>- Ética y moral en la ciencia</li> <li>- Mujer en la ciencia</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Influencias del contexto histórico, social y cultural en el desarrollo de la ciencia</li> <li>- Influencia de la ciencia en el desarrollo de la sociedad</li> <li>- Nacionalismo científico</li> <li>- Financiación de la ciencia</li> <li>- Conflictos entre ciencia y religión</li> <li>- Papel de los medios de comunicación en la difusión de los avances científicos</li> </ul>

Fuente: elaboración a partir de una adaptación parcial de García-Carmona y Acevedo (2018, p. 440)

Es preciso subrayar que la evidencia obtenida a partir de numerosas investigaciones empíricas señala que el mejor modo para aprender NDC es mediante un planteamiento educativo explícito y reflexivo (Acevedo, 2009). Lo primero sugiere que la enseñanza de este contenido escolar debe planificarse con objetivos de aprendizaje, actividades y estrategias de evaluación específicas; y lo segundo, que esas actividades han de activar en los escolares la meditación y el debate en torno a cuestiones de NDC (García-Carmona, 2021c). Por consiguiente, la propuesta recogida en la **Tabla 1** no intenta fomentar meros aprendizajes declarativos sobre aspectos de NDC, sino proponer una relación de indicadores sobre los que pensar y debatir para llegar a comprender qué

es y cómo funciona la ciencia. Con objeto de favorecer esto, el educador deberá seleccionar aquellos contextos y actividades más propicias de acuerdo con el nivel y las características de su alumnado.

Asimismo, no hay que olvidar que la NDC es un metaconocimiento; de manera que debe entenderse como un conocimiento sobre la ciencia. Esto implica que si, por ejemplo, se hace referencia a las leyes científicas en una propuesta educativa sobre NDC, el propósito no será conocer leyes básicas de la ciencia, sino qué las caracteriza como constructo epistemológico y ontológico; a saber: qué identifica a una ley científica; cuáles son sus relaciones y diferencias con respecto a las teorías científicas; qué intereses originaron su búsqueda en el contexto del estudio de determinados fenómenos de la naturaleza; cuáles fueron los obstáculos epistémicos y experimentales que se encontraron en su determinación, etc. Por tanto, todos aquellos contenidos de ciencia escolar, que no vayan acompañados de objetivos de aprendizaje consistentes en un metaconocimiento sobre la ciencia, no deben considerarse contenidos de NDC.

### 3. Método

Con el fin de llevar a cabo el estudio, se analizaron las disposiciones de las sucesivas reformas curriculares para la enseñanza de la ciencia (biología y geología, y física y química) en la ESO; esto es, los currículos oficiales de enseñanzas mínimas propuestos a raíz de la puesta en marcha de la LOGSE (Boletín Oficial del Estado, 1991), la LOE<sup>4</sup> (Boletín Oficial del Estado, 2006), la LOMCE<sup>5</sup> (Boletín Oficial del Estado, 2014) y la LOMLOE (Boletín Oficial del Estado, 2022). Con la máxima de que difícilmente se enseña aquello que no se evalúa, y dado que la finalidad de este trabajo era determinar la atención a la comprensión de nociones básicas de la NDC en la relación de aprendizajes evaluables, el análisis se circunscribió a los criterios de evaluación previstos en tales disposiciones. Sirva el siguiente ejemplo para ilustrar esta decisión.

En la descripción de una de las competencias específicas para la materia de biología y geología, en el marco curricular aprobado tras entrada en vigor la de la LOMLOE, se argumenta: "(...) es frecuente que, en determinadas ciencias empíricas, como la biología molecular, la evolución o la tectónica, se obtengan evidencias indirectas de la realidad, que deben interpretarse según la lógica para establecer modelos de un proceso biológico o geológico" (Boletín Oficial del Estado, 2022, p. 41608). Sin embargo, luego no se propone ningún criterio de evaluación para valorar la comprensión de esta idea metacientífica. Con lo cual, es bastante presumible que el profesorado de dicha materia no la considere en sus programaciones didácticas, si las elabora en coherencia con tales prescripciones curriculares. De ahí su descarte en este análisis.

---

4. Ley Orgánica 2/2006, de 3 de mayo, de Educación (Boletín Oficial del Estado, 2006).

5. Ley Orgánica 8/2013, de 9 de diciembre, para la mejora de la calidad educativa (Boletín Oficial del Estado, 2013).

Los documentos curriculares fueron examinados mediante el método de análisis intraobservador, usando como referente la propuesta de aspectos de NDC expuesta en la **Tabla 1**. La información se analizó en dos fases para su depuración (Cáceres, 2003), empleando los métodos habituales del análisis cualitativo de contenido (Mayring, 2000). Así, en la fase 1 se hizo una primera localización de referencias explícitas a aspectos de la NDC en las propuestas de aprendizajes evaluables de los documentos. Y en la fase 2, realizada casi dos meses después, se volvió a revisar la relación de aspectos de NDC encontrados, a fin de resolver los pocos casos dudosos que habían quedado en la fase anterior.

Los cálculos sobre la fiabilidad del análisis realizado mostraron un grado de acuerdo del 97% y un valor del índice *kappa* igual a 0.9. En consecuencia, se puede decir que el grado de concordancia intraobservador, entre las dos fases del análisis, fue más que considerable (Abraira, 2001).

## 4. Resultados

### 4.1. Atención a la NDC en los aprendizajes evaluables de las distintas reformas curriculares: proporción y evolución

En primer lugar, se analizó el peso relativo de la NDC en las propuestas de aprendizajes evaluables para la educación científica de la ESO, en las cuatro reformas curriculares. Se aclara que, con el propósito de agilizar la lectura, en lo que sigue se hará referencia a las distintas reformas curriculares simplemente usando el acrónimo de las leyes educativas vigentes en el momento de su aprobación oficial (LOGSE, LOE, LOMCE y LOMLOE).

85

Al revisar los criterios de evaluación previstos para el área o materias de ciencias de esta etapa, se obtienen los datos presentados en la **Tabla 2**. Como puede verse, el peso específico de la comprensión de aspectos básicos de NDC es bastante pequeño en todas las disposiciones analizadas; incluso, puede decirse que casi anecdótica en el caso de las tres primeras reformas del currículo de ciencia escolar (LOGSE, LOE y LOMCE). Asimismo, la evolución global de la atención a la NDC en los aprendizajes evaluables, a lo largo de las diferentes reformas curriculares, aunque positiva, es muy discreta. Además, esta evolución no ha sido constante y progresiva, dándose un retroceso en la LOMCE, con un ínfimo 2.3% de los criterios de evaluación dedicados a la comprensión de aspectos de la NDC. La mejor situación se da, por tanto, en la actual reforma (LOMLOE), que propone cerca del 17% de los criterios de evaluación para tal finalidad.

**Tabla 2. Proporción de criterios de evaluación para valorar aprendizajes sobre nociones básicas de NDC en las sucesivas reformas curriculares**

Reformas curriculares*			
LOGSE (1991)	LOE (2007)	LOMCE (2015)	LOMLOE (2022)
1/24 (4.2%)	2/30 (6.7%)	5/220 (2.3%)	11/65 (16.9%)

Fuente: elaboración propia

\* Cada acrónimo indica la ley educativa en la que se enmarca la reforma curricular correspondiente, y el año entre paréntesis, el momento en el que esa reforma fue aprobada por el Ministerio de Educación.

#### 4.2. Aspectos de NDC objeto de aprendizaje en las disposiciones curriculares de ciencia escolar

Una vez determinado el peso específico que ha tenido la NDC en la ciencia escolar española, se exploró qué contenidos o aspectos de esta son prioritariamente atendidos. En la **Tabla 3** se resaltan los aspectos de NDC, definidos en el marco teórico, que han sido (son) tratados en los documentos de reforma curricular revisados. Asimismo, en la Tabla 4 se indica cuáles de estos aspectos son referidos en los aprendizajes evaluables de cada una de las reformas.

86

**Tabla 3. Aspectos de NDC, enmarcados en la tradición CTS, que son atendidos (color negro) y desatendidos (color gris) en las sucesivas reformas curriculares para la educación científica básica**

Aspectos epistémicos de la NDC	
Naturaleza de los procesos de la ciencia	Naturaleza del conocimiento científico
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Diferencias entre observación e inferencia</li> <li>- Pluralidad metodológica en la ciencia</li> <li>- Significado y papel de las hipótesis</li> <li>- Creatividad e imaginación de los científicos en sus investigaciones</li> <li>- Papel de la experimentación en el desarrollo de la ciencia</li> <li>- Papel de los errores en el desarrollo de la ciencia</li> <li>- Influencia de las creencias, actitudes y habilidades de los científicos en sus investigaciones</li> <li>- Interés de las controversias científicas en el desarrollo de la ciencia</li> <li>- Influencia de la especialización de los científicos en la planificación y desarrollo de sus investigaciones</li> <li>- Papel de las preguntas en la investigación científica</li> <li>- Papel de la modelización en ciencia</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Características de las leyes, modelos y teorías científicas, así como sus diferencias y relaciones</li> <li>- Diferencias y relaciones entre ciencia y tecnología</li> <li>- Carácter dinámico y provisional del conocimiento científico</li> <li>- Convivencia de varias teorías científicas sobre un fenómeno</li> </ul>



Aspectos no epistémicos de la NDC	
Internos a la comunidad científica	Externos a la comunidad científica
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Papel de la comunicación científica</li> <li>- Relaciones profesionales y personales entre científicos</li> <li>- Personalidad de los científicos</li> <li>- Papel de la comunidad científica en la aceptación de nuevo conocimiento científico</li> <li>- Grupos de poder en la comunidad científica</li> <li>- Colectividad científica</li> <li>- Competitividad científica</li> <li>- Ética y moral en la ciencia</li> <li>- Mujer en la ciencia</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Influencias del contexto histórico, social y cultural en el desarrollo de la ciencia</li> <li>- Influencia de la ciencia en el desarrollo de la sociedad</li> <li>- Nacionalismo científico</li> <li>- Financiación de la ciencia</li> <li>- Conflictos entre ciencia y religión</li> <li>- Papel de los medios de comunicación en la difusión de los avances científicos</li> </ul>

Fuente: elaboración propia

El primer dato destacable es que las sucesivas reformas curriculares, en su conjunto, solo se ocupan del 30% de los aspectos de la propuesta enmarcada en la tradición CTS. Otro dato interesante es que se presta más atención a los aspectos no epistémicos de la NDC; justamente el doble que de aspectos epistémicos (seis aspectos no epistémicos frente a tres epistémicos). Pero, es especialmente llamativo que, de esos tres aspectos epistémicos, la LOGSE y la LOE solo abordan dos cada una; mientras que la LOMCE y la LOMLOE, uno nada más. El aspecto común a todas es el carácter dinámico y provisional del conocimiento científico. El papel del error solo es tratado en la LOGSE, y el interés de las controversias, únicamente en la LOE.

87

En cuanto a los aspectos no epistémicos de la NDC, el que se atiende en todas las reformas curriculares es la influencia de la ciencia en la sociedad; mientras que la relación inversa (la influencia de la sociedad en la ciencia) solo es considerada en la LOE y la LOMCE. La colectividad de la ciencia también es tratada en todas, excepto en la LOE. Por lo demás, es reseñable la atención al papel de los medios en la difusión de la ciencia en las dos reformas más recientes (LOMCE y LOMLOE), y al papel de la mujer en la ciencia solamente en la reforma en vigor actualmente, la LOMLOE.

Por último, es oportuno referirse también a una concepción errónea sobre la NDC, que se promueve en las prescripciones de la LOMCE. Dentro del bloque “Actividad científica”, correspondiente a la materia de física y química para 2º y 3º de ESO, se encuentra que uno de los estándares de aprendizajes evaluables dicta: “Reconocer e identificar las características del método científico” (Boletín Oficial del Estado, 2014, p. 258). Sin embargo, es harto reconocido que no existe un método universal que practiquen todos los científicos en sus trabajos de investigación (García-Carmona y Acevedo, 2018; McComas, 1998; Woodcock, 2014). Por tanto, se trata de un mito o falsa creencia cuya difusión debería evitarse en cualquier plan de ciencia escolar (García-Carmona, 2022b).

**Tabla 4. Aspectos epistémicos y no epistémicos de la NDC atendidos en los aprendizajes evaluables de las sucesivas reformas curriculares para la educación científica en España**

	Aspectos epistémicos de la NDC			Aspectos no epistémicos de la NDC					
	Procesos de la ciencia		Conocimiento científico	Internos a la comunidad científica		Externos a la comunidad científica			
	Error en la ciencia	Controversias científicas	Provisionalidad del conocimiento	Colectividad científica	Mujer en la Ciencia	Influencia de la sociedad en la ciencia	Influencia de la ciencia en la sociedad	Ciencia y religión	Medios y ciencia
LOGSE (1991)	✓		✓	✓			✓		
LOE (2007)		✓	✓			✓	✓	✓	
LOMCE (2015)			✓	✓		✓	✓		✓
LOMLOE (2022)			✓	✓	✓		✓		✓

Fuente: elaboración propia

Con el propósito de ilustrar cómo se sugiere la atención a los aspectos de NDC en las propuestas de aprendizajes evaluables de los currículos de enseñanzas mínimas analizados, se presentan los ejemplos recogidos en la **Tabla 5**.

88

**Tabla 5. Ejemplos de alusiones a la comprensión de los aspectos de NDC en las propuestas de aprendizajes evaluables de las sucesivas reformas curriculares en España**

Aspectos de NDC	Ejemplos de criterios o estándares de aprendizaje evaluables
Aspectos epistémicos	<p>Provisionalidad del conocimiento científico y error en la ciencia</p> <p>LOGSE: “Determinar mediante el análisis algún fenómeno científico [...] algunos de los rasgos distintivos del trabajo científico, de como [...] empresa [...] en continua revisión y [con] algunas limitaciones y errores” (Boletín Oficial del Estado, 1991, p. 40).</p>
	<p>Controversias científicas</p> <p>LOE: “Exponer razonadamente los problemas que condujeron a enunciar la teoría de la evolución, los principios básicos de esta teoría y las controversias científicas [...] que suscitó” (Boletín Oficial del Estado, 2006, p. 46).</p>
	<p>Provisionalidad del conocimiento científico</p> <p>LOMLOE: “Reconocer y valorar [...] que la ciencia es un proceso en permanente construcción [...]”. (Boletín Oficial del Estado, 2022, p. 41663)</p>
Aspectos no epistémicos	<p>Colectividad científica e Influencia de la sociedad en la ciencia</p> <p>LOMCE: “Reconocer que la investigación en ciencia es una labor colectiva e [...] influida por el contexto económico y político” (Boletín Oficial del Estado, 2014, p. 258).</p>

Mujer en la ciencia e Influencia de la ciencia en la sociedad	LOMLOE: “Valorar la contribución de la ciencia a la sociedad y la labor de las personas dedicadas a ella, destacando el papel de la mujer [...]” (Boletín Oficial del Estado, 2022, p. 41613).
Ciencia y religión	LOE: “Exponer razonadamente los problemas que condujeron a enunciar la teoría de la evolución [...] y las controversias [...] religiosas que suscitó” (Boletín Oficial del Estado, 2006, p. 46).
Medios y ciencia	LOMLOE: “Reconocer la información [...] con base científica, distinguiéndola de pseudociencias, bulos, teorías conspiratorias y creencias infundadas [...]” (Boletín Oficial del Estado, 2022, p. 41610).

Fuente: elaboración propia

## Conclusiones

En este trabajo se ha analizado en qué medida y cómo ha sido atendida la comprensión de aspectos básicos de la NDC (su peso educativo) en los currículos de ciencia escolar, a lo largo de las sucesivas reformas curriculares para la ESO, en España. El análisis se ha realizado tomando como referente teórico la conceptualización de la NDC dentro de la tradición CTS (Acevedo y García-Carmona, 2016; Acevedo *et al.*, 2017; García-Carmona, 2018), la cual da especial relevancia a la perspectiva no epistémica de la NDC, a diferencia de otras propuestas más extendidas internacionalmente, como la de Lederman (2006), que se centran sobre todo en los rasgos epistémicos de la naturaleza del conocimiento científico.

Del análisis se concluye, en primer lugar, que la NDC ha tenido (y tiene) un peso específico relativamente pequeño en las propuestas de aprendizajes evaluables del currículo de ciencia escolar, acercándose, en el mejor de los casos, a un exiguo 17% del total con la reforma curricular vigente (Boletín Oficial del Estado, 2022) para el desarrollo de la LOMLOE. Esto permite entender, con pesar, por qué la NDC es concebida todavía como un contenido de importancia menor (Olson, 2018), cuando no casi inexistente, en la mayoría de las programaciones didácticas que se elaboran para la educación científica básica, en España. Y consecuentemente, por qué es tan escasa su atención en la investigación educativa del área de la didáctica de las ciencias experimentales (García-Carmona, 2021c), si se compara con otros temas o cuestiones.

Teniendo en cuenta que España participa, desde el inicio, en las pruebas de evaluación de la competencia científica en el programa internacional PISA (OECD, 2019), lo que cabría esperar es que, si las disposiciones curriculares españolas fuesen coherentes con dicho marco, la NDC debería recibir, al menos, una atención equivalente al 33% de los aprendizajes evaluables previstos para la educación científica básica. Esto se basa -como ya se ha adelantado- en el hecho de que el marco teórico

de PISA contempla la NDC (bajo el etiquetado de conocimientos epistémicos) como uno de los tres pilares esenciales de la competencia científica.

El rasgo epistémico de la NDC, considerado en los aprendizajes evaluables de todas las prescripciones curriculares analizadas, es la provisionalidad del conocimiento científico; mientras que de la perspectiva no epistémica lo es la influencia de la ciencia en la sociedad. Asimismo, como aspecto positivo desde una mirada CTS para la NDC (Acevedo y García-Carmona, 2016), llama la atención que el currículo de ciencia escolar, en España, aun dentro de la parquedad señalada, haya venido prestando más atención a los rasgos no epistémicos de la NDC frente a los epistémicos. Algunos estudios empíricos, llevados a cabo con estudiantes de ESO, señalan que estos tienden a comprender mejor los aspectos no epistémicos que los epistémicos (Acevedo *et al.*, 2017). Por tanto, la promoción de situaciones de aprendizaje en torno a aspectos no epistémicos de la NDC constituye una buena manera de iniciar la introducción de este contenido, fundamental para la alfabetización científica, en los niveles educativos básicos.

En cualquier caso, los resultados de este estudio mantienen el pesimismo con respecto a fomentar la comprensión de la NDC en las clases de ciencia; la cual no terminará de adquirir el protagonismo que debiera corresponderle dentro de los planes para la educación científica básica, mientras las administraciones educativas no apuesten, de verdad, por adecuarlos a las sugerencias provenientes de la didáctica de las ciencias experimentales, al respecto. Esperemos que así sea en la próxima reforma curricular porque, con la recién aprobada, la oportunidad ya se esfumó.

90

## Dedicatoria

A la memoria de mi colega y buen amigo José Antonio Acevedo-Díaz, con quien compartí muchas de las reflexiones, valoraciones e ideas expuestas en este trabajo.

## Bibliografía

Abraira, V. (2001). El índice kappa. *Semergen*, 27(5), 247–249. DOI: [https://doi.org/10.1016/S1138-3593\(01\)73955-X](https://doi.org/10.1016/S1138-3593(01)73955-X).

Acevedo, J. A. (2009). Enfoques explícitos versus implícitos en la enseñanza de la naturaleza de la ciencia. *Revista Eureka Sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 6(3), 355–386. DOI: [http://dx.doi.org/10.25267/Rev\\_Eureka\\_ensen\\_divulg\\_cienc.2009.v6.i3.04](http://dx.doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2009.v6.i3.04).

Acevedo, J. A. y García-Carmona, A. (2016). «Algo antiguo, algo nuevo, algo prestado». Tendencias sobre la naturaleza de la ciencia en la educación científica. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 13(1), 3–19. DOI: [http://dx.doi.org/10.25267/Rev\\_Eureka\\_ensen\\_divulg\\_cienc.2016.v13.i1.02](http://dx.doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2016.v13.i1.02).

Acevedo, J. A., García-Carmona, A. y Aragón, M. M. (2017). Enseñar y aprender sobre naturaleza de la ciencia mediante el análisis de controversias de historia de la ciencia. Resultados y conclusiones de un proyecto de investigación didáctica. Organización de Estados Iberoamericanos para la Educación, la Ciencia y la Cultura (OEI).

Aikenhead, G. S. y Ryan, A. G. (1992). The development of a new instrument: "Views on science-technology-society" (VOSTS). *Science Education*, 76(5), 477–491. DOI: <https://doi.org/10.1002/sce.3730760503>.

Akerson, V. L., Buck, G. A., Donnelly, L. A., Nargund-Joshi, V. y Weiland, I. S. (2011). The importance of teaching and learning nature of science in the early childhood years. *Journal of Science Education and Technology*, 20(5), 537–549. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10956-011-9312-5>.

Allchin, D. (2011). Evaluating knowledge of the nature of (whole) science. *Science Education*, 95(3), 918–942. DOI: <https://doi.org/10.1002/sce.20432>.

Bell, R. L. (2009). Teaching the nature of science: Three critical questions. *Best Practices in Science Education*. National Geographic School Publishing.

Bennássar, A., Vázquez, Á., Manassero, M. A. y García-Carmona, A. (2010). Ciencia, Tecnología y Sociedad en Iberoamérica: Una evaluación de la comprensión de la Naturaleza de Ciencia y Tecnología. Organización de Estados Iberoamericanos para la Educación, la Ciencia y la Cultura (OEI).

91

Boletín Oficial del Estado (1990). Ley Orgánica 1/1990, de 3 de octubre, de Ordenación General del Sistema Educativo (LOGSE). Boletín Oficial del Estado, 238, de 4 de octubre de 1990. Recuperado de: <https://www.boe.es/eli/es/lo/1990/10/03/1>.

Boletín Oficial del Estado (1991). Real Decreto 1007/1991, de 14 de junio, por el que se establecen las enseñanzas mínimas correspondientes a la Educación Secundaria Obligatoria (Anexo I). Boletín Oficial del Estado, 152, de 26 de junio de 1991. Recuperado de: <https://www.boe.es/eli/es/rd/1991/06/14/1007>.

Boletín Oficial del Estado (2006). Ley Orgánica 2/2006, de 3 de mayo, de Educación (LOE). Boletín Oficial del Estado, 106, de 4 de mayo de 2006. Recuperado de: <https://www.boe.es/eli/es/lo/2006/05/03/2>.

Boletín Oficial del Estado (2007). Real Decreto 1631/2006, de 29 de diciembre, por el que se establecen las enseñanzas mínimas correspondientes a la Educación Secundaria Obligatoria. Boletín Oficial del Estado, 5, de 5 de enero de 2007. <https://www.boe.es/eli/es/rd/2006/12/29/1631/con>.

Boletín Oficial del Estado (2013). Ley Orgánica 8/2013, de 9 de diciembre, para la mejora de la calidad educativa (LOMCE). Boletín Oficial del Estado, 295, de 10 de diciembre de 2013. Recuperado de: <https://www.boe.es/eli/es/lo/2013/12/09/8>.

Boletín Oficial del Estado (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. Boletín Oficial del Estado, 3, de 3 de enero de 2015. Recuperado de: <https://www.boe.es/eli/es/rd/2014/12/26/1105/con>.

Boletín Oficial del Estado (2020). Ley Orgánica 3/2020, de 29 de diciembre, por la que se modifica la Ley Orgánica 2/2006, de 3 de mayo, de Educación (LOMLOE). Boletín Oficial del Estado, 340, de 30 de diciembre de 2020. Recuperado de: <https://www.boe.es/eli/es/lo/2020/12/29/3>.

Boletín Oficial del Estado (2022). Real Decreto 217/2022, de 29 de marzo, por el que se establece la ordenación y las enseñanzas mínimas de la Educación Secundaria Obligatoria. Boletín Oficial del Estado, 76, de 30 de marzo de 2022. Recuperado de: <https://www.boe.es/eli/es/rd/2022/03/29/217>.

Cáceres, P. (2003). Análisis cualitativo de contenido: Una alternativa metodológica alcanzable. *Psicoperspectivas, Individuo y Sociedad*, 2(1), 53–82. DOI: <https://doi.org/10.5027/psicoperspectivas-Vol2-Issue1-fulltext-3>.

Cañal, P., García-Carmona, A. y Cruz-Guzmán, M. (2016). *Didáctica de las Ciencias Experimentales en Educación Primaria*. Paraninfo.

Elliott, K. C. y McKaughan, D. J. (2014). Nonepistemic values and the multiple goals of science. *Philosophy of Science*, 81(1), 1–21. DOI: <https://doi.org/10.1086/674345>.

Erduran, S. y Dagher, Z. R. (2014). Reconceptualizing nature of science for science education. Springer.

García-Carmona, A. (2021a). Prácticas no-epistémicas: ampliando la mirada en el enfoque didáctico basado en prácticas científicas. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 18(1), 1108. DOI: [https://doi.org/10.25267/Rev\\_Eureka\\_ensen\\_divulg\\_cienc.2021.v18.i1.1108](https://doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2021.v18.i1.1108).

García-Carmona, A. (2021b). Learning about the nature of science through the critical and reflective reading of news on the COVID-19 pandemic. *Cultural Studies of Science Education*, 16(4), 1015–1028. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11422-021-10092-2>.

García-Carmona, A. (2021c). La naturaleza de la ciencia en la bibliografía española sobre educación científica: una revisión sistemática de la última década. *Revista de Educación*, 394, 241–270. DOI: <https://doi.org/10.4438/1988-592X-RE-2021-394-507>.

García-Carmona, A. (2022a). Spanish science teacher educators' preparation, experiences, and views about nature of science in science education. *Science & Education*, 31(3), 685–711. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11191-021-00263-6>.

García-Carmona, A. (2022b). Improving preservice primary teachers' understanding of the nature of methods of science through reflective reading of news articles. *Science & Education*, 1-21. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11191-022-00338-y>.

García-Carmona, A. y Acevedo-Díaz, J. A. (2018). The nature of scientific practice and science education. *Science & Education*, 27(5–6), 435–455. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11191-018-9984-9>.

García-Carmona, A., Vázquez, A. y Manassero, M. A. (2011). Estado actual y perspectivas de la enseñanza de la naturaleza de la ciencia: una revisión de las creencias y obstáculos del profesorado. *Enseñanza de las Ciencias*, 29(3), 403–412. DOI: <https://doi.org/10.5565/rev/ec/v29n3.443>.

Good, R. (2012). Why the study of pseudoscience should be included in nature of science studies. En M. Khine (Ed.), *Advances in nature of science research* (97–106). Springer.

Irzik, G. y Nola, R. (2014). New directions for nature of science research. En M. Matthews (Ed.), *International handbook of research in history, philosophy and science teaching* (999–1021). Springer.

Lederman, N. G. (2006). Research on nature of science: reflections on the past, anticipations of the future. *Asia-Pacific Forum on Science Learning and Teaching*, 7(1), 1–11. Recuperado de: [https://www.eduhk.hk/apfslt/v7\\_issue1/foreword/index.htm](https://www.eduhk.hk/apfslt/v7_issue1/foreword/index.htm).

Mayring, P. (2000). Qualitative content analysis. *Forum: Qualitative Social Research*, 1(2), 1–10. DOI: <https://doi.org/10.17169/fqs-1.2.1089>.

McComas, W. F. (1998). The principal elements of the nature of science: Dispelling the myths. En W. F. McComas (Ed.), *The nature of science in science education* (53–70). Kluwer.

McComas, W. F. y Clough, M. P. (2020). Nature of science in science instruction: Meaning, advocacy, rationales, and recommendations. En W. F. McComas (Ed.), *Nature of science in science instruction* (3–22). Springer.

McIntyre, L. (2021). Talking to science deniers and sceptics is not hopeless. *Nature*, 596(7871), 165–165. DOI: <https://doi.org/10.1038/d41586-021-02152-y>.

Muñoz, G. A. (2014). Comprensión sobre la naturaleza de la ciencia en la enseñanza de las ciencias desde el enfoque ciencia, tecnología y sociedad (CTS). *TRILOGÍA. Ciencia, Tecnología y Sociedad*, 6(11), 61–76. DOI: <https://doi.org/10.22430/21457778.496>.

National Science Teaching Association (2020). Nature of science. Position statement. Recuperado de: <https://www.nsta.org/nstas-official-positions/nature-science>.

NGSS Lead States (2013). *The Next Generation Science Standards: For States, by States*. National Academies Press.

Olson, J. K. (2018). The inclusion of the nature of science in nine recent international science education standards documents. *Science y Education*, 27(7), 637–660. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11191-018-9993-8>.

Organization for Economic Co-Operation and Development (2019). PISA 2018 assessment and analytical framework. OECD Publishing.

Osborne, J. y Dillon, J. (2008). Science education in Europe: Critical reflections. Nuffield Foundation.

Waters-Adams, S. (2006). The relationship between understanding of the nature of science and practice: The influence of teachers' beliefs about education, teaching and learning. *International Journal of Science Education*, 28(8), 919–944. DOI: <https://doi.org/10.1080/09500690500498351>.

White, B. Y., Collins, A. y Frederiksen, J. R. (2011). The nature of scientific meta-knowledge. En M. S. Khine y I. M. Saleh (Eds.), *Models and modeling* (41–76). Springer.

Woodcock, B. A. (2014). “The scientific method” as myth and ideal. *Science & Education*, 23(10), 2069–2093.

Zeidler, D. L., Walker, K. A., Ackett, W. A. y Simmons, M. L. (2002). Tangled up in views: Beliefs in the nature of science and responses to socioscientific dilemmas. *Science Education*, 86, 343–367.

### **Cómo citar este artículo**

García-Carmona, A. (2022). La naturaleza de la ciencia en las metas de aprendizaje de las sucesivas reformas curriculares en España: un análisis desde la tradición CTS. *Revista Iberoamericana de Ciencia, Tecnología y Sociedad –CTS*, 17(51), 77-94. Recuperado de: [inserte URL]



**Ideas de futuros profesores de secundaria  
sobre la naturaleza de la ciencia para la elaboración  
de criterios formativos en este ámbito**

**Ideias de futuros professores do ensino médio  
sobre a natureza da ciência para a elaboração  
de critérios de formação neste campo**

***Future High School Teachers' Conceptions  
of the Nature of Science for the Elaboration  
of Training Criteria in this Field***

**Juan José Vicente, Natalia Jiménez-Tenorio y José María Oliva \***

En este artículo se estudian las visiones sobre la naturaleza de la ciencia (NDC) en graduados en titulaciones de ciencias que ingresan en el máster en profesorado de educación secundaria de la Universidad de Cádiz (MAES), en las especialidades de física y química y de biología y geología. Para ello se emplea como instrumento de recogida de información un cuestionario abierto que incluye cuestiones referidas tanto a aspectos epistémicos como de la sociología de la ciencia. Este estudio forma parte de la fase de diagnóstico para el diseño y la implementación de una propuesta didáctica sobre NDC. Los resultados obtenidos son coincidentes con los de otros trabajos, y revelan que el alumnado mantiene una visión poco formada con respecto a los aspectos epistémicos de la NDC y visiones más eclécticas sobre sus aspectos sociológicos. No se obtuvieron diferencias significativas en función del género, aunque sí en determinados aspectos en función de la especialidad cursada (física y química vs. biología y geología).

95

**Palabras clave:** CTS; formación inicial del profesorado de secundaria; máster en profesorado de secundaria; naturaleza de la ciencia

---

\* *Juan José Vicente*: profesor ayudante doctor, Facultad de Ciencias de la Educación, Universidad de Cádiz (UCA), España. Correo electrónico: juanjose.vicente@uca.es. *Natalia Jiménez-Tenorio*: profesora contratada doctora, Facultad de Ciencias de la Educación, Universidad de Cádiz (UCA), España. Correo electrónico: natalia.jimenez@uca.es. *José María Oliva*: catedrático de universidad, Facultad de Ciencias de la Educación, Universidad de Cádiz (UCA), España. Correo electrónico: josemaria.oliva@uca.es.

Este artigo estuda opiniões sobre a natureza da ciência (NDC) dos licenciados em ciências, que realizam o mestrado em ensino secundário da Universidade de Cádiz, nas áreas especiais de física e química e biologia e geologia. Um questionário aberto é utilizado para recolher informação, que inclui perguntas referentes tanto a aspectos epistémicos como à sociologia da ciência. Este estudo pertence à fase de diagnóstico de uma investigação de concepção e implementação de uma sequência de ensino-aprendizagem sobre NDC. Os resultados concordam com os de outros estudos e mostram que os professores em formação têm opiniões desinformadas sobre os aspectos epistémicos da NDC e opiniões mais variadas e complexas sobre os aspectos sociológicos da NDC. Não foram encontradas diferenças significativas de acordo com o género, embora tenham sido obtidas diferenças significativas em certos aspectos de acordo com campos especiais realizados pelos estudantes (física e química vs. biologia e geologia).

**Palavras-chave:** CTS; formação inicial de professores do ensino secundário; mestrado em ensino secundário; natureza da ciência

*This paper studies the views about the nature of science (NOS) sustained by science graduates who carry out the master in secondary education at the University of Cádiz, in the fields of physics and chemistry and biology and geology. The open-ended questionnaire that was used to collect information included questions referring to both epistemic aspects and aspects related to the sociology of science. This study belongs to the diagnostic phase for the design and implementation of a teaching-learning sequence research on NOS. The results, coincident with those of other studies, show that teachers in training have uninformed views about the epistemic aspects of NOS and more varied and complex views about its sociological aspects. Significant differences were not found according to gender, although significant differences were obtained in certain aspects according to the special fields carried out by the students (physics and chemistry vs. biology and geology).*

96

**Keywords:** STS; teachers in training; master of secondary education; nature of science

## Introducción

La naturaleza de la ciencia (en adelante NDC) es uno de los campos de estudio más emblemáticos del movimiento CTS (ciencia-tecnología-sociedad). De hecho, la enseñanza en el marco CTS se considera un elemento básico para alcanzar el objetivo primordial del movimiento en el campo de la educación, que no es otro que la alfabetización científica y tecnológica de los ciudadanos (Acevedo-Díaz *et al.*, 2005). Así, por ejemplo, entre los temas más tratados en publicaciones como la del Boletín de la Asociación Iberoamericana CTS, se encuentra uno específico dedicado a la NDC, que aborda aspectos como los siguientes: “imagen de la ciencia”, “CTS y naturaleza de la ciencia”, “historia de la ciencia” y “pensamiento crítico y naturaleza de la ciencia”, entre otros (Oliva *et al.*, 2020). Tales descriptores definen bien algunas de las relaciones CTS-NDC más importantes.

En este contexto, el diagnóstico de las ideas del profesorado sobre la NDC es una de las líneas de investigación con mayor pujanza. Asimismo, desde la segunda década del siglo XXI han aumentado, en la bibliografía de habla hispana, los trabajos referidos tanto al diseño como a la experimentación de propuestas didácticas sobre NDC a pequeña escala; es decir, dirigidas de manera general a contenidos curriculares específicos en contextos educativos concretos (García-Carmona, 2021). Sin embargo, en el espacio iberoamericano escasean las investigaciones referidas al impacto del diseño y la experimentación de procesos formativos completos y específicos sobre NDC en la evolución de las visiones sobre NDC de los estudiantes. Ello, en contraste con lo que ocurre en sistemas educativos anglosajones, donde sí se pueden encontrar este tipo de trabajos referidos, por ejemplo, a cursos específicos de formación en NDC dirigidos a profesores en formación graduados y posgraduados (Kruse *et al.*, 2017), o a profesores en ejercicio (Edgerly *et al.*, 2021; Kartal *et al.*, 2018; Özer *et al.*, 2021).

97

Unas de las pocas excepciones en el ámbito iberoamericano de intervención a mayor escala son los estudios de Torres y Vasconcelos (2020) y de Pavez *et al.* (2016). En el primero se implementa y evalúa un programa de intervención sobre modelos científicos, modelización y NDC en la enseñanza de la ciencia, dirigido a futuros profesores de biología y geología que estaban cursando el primer año del máster en enseñanza de la biología y geología en una universidad del norte de Portugal. El segundo corresponde a un curso de formación para el profesorado de biología en ejercicio de la etapa de secundaria en Chile. En ambos casos se describe una evolución en las visiones sobre NDC de los estudiantes que participaron en los programas, aunque en el caso de los del máster persistían las dificultades iniciales para algunos de los aspectos de NDC, mientras que el profesorado de biología de Chile mostró problemas para planificar procesos de enseñanza sobre NDC.

El estudio presentado en este trabajo ha sido llevado a cabo en España, en el marco de la formación inicial del profesorado de ciencias en el máster en profesorado de educación secundaria (MAES). Pretende ser un avance en varias vertientes respecto a estudios anteriores reportados en la literatura en torno a concepciones de los profesores sobre la NDC. En primer lugar, el diagnóstico de las ideas sobre la NDC se realiza desde una perspectiva más integral, considerando no solo aspectos epistémicos, sino también los aspectos no epistémicos relacionados con la

sociología de la ciencia. Para ello, se han tenido en cuenta los principales consensos hallados en la bibliografía sobre aquellos aspectos de la NDC que son considerados aprendizajes deseables para la enseñanza de la ciencia y que se deberían incluir en el currículo de ciencias. En segundo lugar, mientras en la mayoría de casos se emplean cuestionarios cerrados tipo Likert, en éste se utiliza un cuestionario abierto y una rúbrica para evaluarlo, lo que posibilita la combinación de procedimientos cualitativos y cuantitativos de análisis de datos. En tercer lugar, se ha incluido un análisis comparativo de las visiones de la NDC del profesorado en formación en función del género y la especialidad que cursan en el MAES. Por último, el estudio no se limita solo al análisis diagnóstico de las concepciones sobre la NDC, sino que dicha información es la base para la identificación y selección de los principios de diseño de una secuencia didáctica para un módulo dedicado a la historia y NDC dentro del MAES de la mencionada universidad, cuyo impacto en la evolución de las visiones del alumnado está siendo analizado en estos momentos y se publicará en futuros trabajos.

## 1. Fundamentos teóricos y antecedentes

La NDC es un concepto sobre el que existen diferentes posiciones entre el profesorado y la comunidad científica preocupada por problemas epistemológicos y sociológicos (Vázquez *et al.*, 2001). En esta variedad de posiciones se pueden identificar dos posturas (Acevedo, 2008). Una de ellas identifica la NDC con los aspectos epistémicos de la ciencia, mientras que la otra considera que la NDC es un concepto que engloba además aspectos relativos a la sociología y psicología de la ciencia. De manera general, Acevedo y García-Carmona (2016) identifican la NDC con todo aquello que caracteriza a la ciencia como una forma particular de construcción de conocimiento sobre el mundo físico o natural, abriendo así paso al abordaje no solo de los factores racionales que rigen el trabajo científico, sino también a condicionantes modelados por las relaciones humanas, el contexto histórico, la cultura, la política y la personalidad de los científicos o los grupos de poder, entre otros.

A pesar de estas discrepancias, existe consenso en la didáctica de la ciencia a la hora de considerar la NDC como un conocimiento esencial en la enseñanza de la ciencia, y un pilar de la alfabetización científica-tecnológica. Sin embargo, a la hora de conceptualizar la NDC estas diferencias impiden que exista un acuerdo sobre qué aspectos de la NDC deberían enseñarse y cómo se podrían incluir en un currículo escolar de ciencia. Pero no ha impedido que se hayan realizado intentos para alcanzar acuerdos sobre la NDC en la enseñanza de las ciencias, que han sido revisados y discutidos por Vázquez y Manassero (2012). En estos intentos se aprecia una prevalencia de los aspectos epistemológicos referidos a la naturaleza del conocimiento científico, aunque en la actualidad los factores no epistémicos están recibiendo una creciente atención como objeto de enseñanza de la NDC (Aragón-Méndez *et al.*, 2019). A partir de estas propuestas se puede identificar una serie de referentes en torno a los aprendizajes esperados sobre NDC, los cuales pueden agruparse de la siguiente manera (Vicente *et al.*, 2022):

- *El papel de la observación y los datos*: el conocimiento científico se sostiene en gran parte en la observación y en el experimento, siendo esenciales la cuantificación, la medida y la lógica matemática (Hodson, 1986; Lederman, 2007; McComas, 2008; Osborne *et al.*, 2003).
- *La investigación científica*: la lógica científica no maneja solo criterios de verificación, sino también de falsación, siendo ambos incompletos. El trabajo científico se entiende como un ciclo de preguntas y respuestas, que parte de conocimientos teóricos y pueden dar lugar a nuevas teorías (Fernández *et al.*, 2002; Gil, 1993; Hodson, 1986; Manassero *et al.*, 2001; McComas, 2008; Osborne *et al.*, 2003).
- *Sobre la metodología científica*: no hay un método científico único, cada ciencia tiene sus peculiaridades. Existen formas de razonamiento científico distintas a la inducción y la deducción, como el pensamiento analógico o la creatividad (Fernández *et al.*, 2002; Gil, 1993; Lederman, 2007; Manassero *et al.*, 2001; McComas, 2008; Osborne *et al.*, 2003).
- *El conocimiento científico “leyes y teorías”*: las teorías son sistemas explicativos, mientras que las leyes establecen relaciones descriptivas entre variables. Los modelos son contextuales y son intermediarios entre la realidad y la teoría (Fernández *et al.*, 2002; Gil, 1993; Lederman, 2007; Manassero *et al.*, 2001; McComas, 2008).
- *El conocimiento científico “realidad vs. construcción”*: la teoría suele preceder y condicionar a la observación y experimentación; además suele tener un componente creativo (Fernández *et al.*, 2002; Gil, 1993; Hodson, 1986; Lederman, 2007; Manassero *et al.*, 2001; McComas, 2008; Osborne *et al.*, 2003).
- *Los cambios en las ciencias*: el conocimiento científico es provisional, evoluciona de manera acumulativa en periodos de ciencia normal, o sufre grandes cambios en periodos de revolución científica (Fernández *et al.*, 2002; Gil, 1993; Hodson, 1986; Lederman, 2007; McComas, 2008; Osborne *et al.*, 2003).
- *Objetividad en la ciencia*: la objetividad entendida como coherencia entre la teoría y la interpretación que se hace de las observaciones a partir de ella (Fernández *et al.*, 2002; Gil, 1993; Hodson, 1986; Lederman, 2007; Manassero *et al.*, 2001; McComas, 2008; Osborne *et al.*, 2003).
- *Limitaciones de la ciencia*: la infalibilidad de la ciencia es un mito; no sabemos hasta dónde puede llegar, ni si, mediante ella, es posible o no tener una comprensión completa del mundo (Fernández *et al.*, 2002; Gil, 1993; McComas, 2008).
- *La ciencia y el contexto social (sociología externa)*: las ideas científicas y el desarrollo de la ciencia están influenciadas por factores tanto personales como por el entorno histórico, cultural y político (Lederman, 2007; Manassero *et al.*, 2001; McComas, 2008; Osborne *et al.*, 2003). Por ejemplo, hay que reconocer la dificultad de la mujer para el acceso a la ciencia.
- *La ciencia y su contexto histórico (sociología externa)*: la historia y naturaleza de la ciencia son parte de ésta y son necesarias para su adecuada comprensión (Fernández *et al.*, 2002; Gil, 1993; Osborne *et al.*, 2003).
- *La ciencia y los científicos (sociología interna)*: la ciencia se construye dentro de una comunidad donde influyen factores como el liderazgo, el trabajo en equipo, pugnas entre grupos, entre otros (Fernández *et al.*, 2002; Gil, 1993; Manassero *et al.*, 2001; Osborne *et al.*, 2003). Por ejemplo, es necesario reconocer el trato

desigual que ha tenido la mujer dentro de la ciencia, por falta de oportunidades y la invisibilización de la labor que ha desarrollado.

- *Relación ciencia-tecnología*: la ciencia y la tecnología están estrechamente relacionadas, sin ser lo mismo, ni ser una superior a otra (Fernández *et al.*, 2002; Gil, 1993; Manassero *et al.*, 2001; McComas, 2008).

El diagnóstico de las ideas sobre NDC ha sido objeto de interés en la didáctica de las ciencias por décadas, lo cual ha propiciado revisiones periódicas del estado de la cuestión (Abd-El-Khalick y Lederman, 2000; Cofré *et al.*, 2019; Deng *et al.*, 2011; García Carmona *et al.*, 2011, 2012; Lederman, 1992). Una conclusión común en estos trabajos es que tanto los estudiantes como profesores en formación y en ejercicio de distintos países no tienen una comprensión precisa sobre NDC. En este sentido, Lederman *et al.* (2002) y Fernández *et al.* (2002) identifican algunas creencias ingenuas o visiones deformadas de la ciencia y de la actividad científica, entre las que podemos citar: la importancia extrema que se da a la observación y a la experimentación (neutra y objetiva) en la construcción del conocimiento; la visión rígida de la metodología científica presentada como un método único con poco margen a creatividad y la imaginación; la concepción acumulativa del desarrollo científico; la relación jerárquica de las leyes y las teorías; y la visión descontextualizada de la actividad científica independiente de factores sociales, entre otras.

En este marco, el presente artículo pretende estudiar la incidencia de estas y otras creencias ingenuas en los estudiantes que inician el máster de profesorado, al objeto de elaborar principios de diseño útiles para una propuesta formativa orientada a facilitar una comprensión más ajustada sobre la NDC.

100

## 2. Contexto y preguntas de investigación

El trabajo desarrollado se inserta dentro de las enseñanzas del MAES implantado en la Universidad de Cádiz, España, desde 2009. Se trata de un título que habilita para el ejercicio de la profesión regulada de profesor o profesora de educación secundaria, compuesto por cuatro módulos: común, específico, transversal y de aplicación; con un total de 60 créditos a realizar adscrito a una especialidad en un curso académico. El máster consta de 11 especialidades distribuidas en cinco ámbitos, uno de los cuales dedicado a la enseñanza de las ciencias y de las matemáticas.

El escenario de esta investigación se sitúa en dos de las especialidades del ámbito de ciencias y matemáticas, en concreto en las de física y química y de biología y geología. En la Universidad de Cádiz, los estudiantes de la primera especialidad suelen ser graduados en química, aunque puede haber algún graduado en física o ingeniería química, mientras que los de la segunda especialidad son graduados en biología, en ciencias ambientales y en ciencias del mar. Concretamente ubicamos el estudio en la asignatura de complementos de formación disciplinar de las materias del módulo específico, cuya carga académica es de seis créditos ECTS impartidos en el primer semestre (de octubre a enero) en paralelo a un bloque de asignaturas psicopedagógicas de corte generalista (12 créditos) y otra sobre didáctica específica

(12 créditos). Los propósitos de la asignatura son, entre otros, conocer la historia y los desarrollos recientes de las materias y sus perspectivas para poder transmitir una visión dinámica de las mismas. Para ello, se estructura en dos partes, una sobre actualización científica y otra sobre naturaleza e historia de la ciencia.

Este trabajo se incluye dentro de la fase preliminar de un estudio más amplio consistente en la elaboración, implementación y evaluación de una secuencia formativa en torno al estudio de la naturaleza e historia de la ciencia, que tiene entre sus objetivos didácticos que el alumnado comprenda tanto los procesos de construcción de la ciencia como los obstáculos de su desarrollado y que alcancen una visión formada de la ciencia. En esta fase, se explora cuáles son las visiones que mantienen los titulados de ciencias que cursan el MAES en las especialidades de física y química y de biología y geología al comenzar sus estudios de formación como profesores y profesoras de secundaria y bachillerato. En concreto, el estudio realizado se articula alrededor de las siguientes preguntas de investigación: i) ¿qué visiones sobre la NDC presentan los graduados que ingresan en el MAES?; ii) ¿existen diferencias en esas visiones en función del género?; y iii) ¿existen diferencias en función de la especialidad?

### 3. Diseño de investigación

#### 3.1. Participantes

Este estudio fue llevado a cabo con la totalidad de los graduados que iniciaron sus estudios en el MAES de la Universidad de Cádiz en las especialidades de ciencias en el curso 2018/2019. La muestra estuvo integrada por 36 graduados, de los cuales, 18 (4 hombres y 14 mujeres) procedían de la especialidad de física y química (FyQ), y 18 (7 hombres y 11 mujeres) de la de biología y geología (ByG).

101

#### 3.2. Instrumentos

Para la recogida de información, se diseñó un cuestionario abierto dirigido a explorar las visiones del alumnado sobre varios aspectos de la NDC. En su elaboración se tuvieron en cuenta la mayoría de las dimensiones de la NDC que han sido descritas anteriormente y sobre las que hay un importante acuerdo para considerarlas como aprendizajes deseables en nuestro alumnado. En el proceso de elaboración del cuestionario, éste fue sometido a la opinión de seis expertos (todos ellos investigadores con publicaciones en el ámbito de la NDC), resultado por el cual se añadieron y eliminaron preguntas y se modificó la redacción de algunas de ellas. Posteriormente, el cuestionario resultante se sometió a pilotaje con alumnado del grado en educación primaria de la Universidad de Cádiz, en concreto en la asignatura “Didáctica de las Ciencias de la Naturaleza I”. Este ensayo permitió constatar la comprensión de los enunciados de las preguntas por parte del alumnado y el tiempo de respuesta del mismo. El cuestionario definitivo consta de diez preguntas abiertas en el que los estudiantes deben argumentar sus visiones respecto a varios aspectos de la NDC. En la **Tabla 1** se presenta el cuestionario implementado y su relación con distintos descriptores.

**Tabla 1. Instrumento de recogida de información para estudiar las visiones de los estudiantes y su relación con las dimensiones de la NDC**

DESCRIPTORES NDC	PREGUNTA DEL CUESTIONARIO
La investigación científica. Sobre la metodología científica	1. A menudo suele emplearse la expresión “el método científico” para referirse a un proceso universal que sigue una secuencia de etapas para la construcción del conocimiento científico. Indica y ordena cuáles serían esas etapas, y explica si te parece o no adecuado hablar de “el método científico” para describir la forma en la que trabajan los científicos.
El conocimiento científico: leyes y teorías	2. ¿Qué diferencias encuentras entre los términos de ley y teoría?
El conocimiento científico: realidad vs. construcción	3. ¿Crees que el conocimiento científico proporciona una imagen real y verdadera del mundo físico y de la naturaleza? Justifica tu respuesta.
Los cambios en las ciencias	4. ¿Piensas que el conocimiento científico puede llegar a ser definitivo, o siempre puede cambiar con el tiempo? Justifica la respuesta y expresa ejemplos que lo aclaren.
Objetividad en la ciencia	5. ¿Crees que los científicos son objetivos e imparciales en sus investigaciones científicas? Argumenta tu respuesta.
Discrepancias y controversias científicas	6. ¿Por qué crees que los científicos pueden discrepar ante un asunto relativo a la ciencia? Propón ejemplos que aclaren esas razones.
La ciencia y los científicos (sociología interna). El papel del trabajo colectivo	7. Expresa tus ideas sobre el papel de trabajo colectivo y social de los científicos en la evolución de la ciencia. Justifica tu respuesta.
La ciencia y los científicos (sociología interna). El papel de la mujer en la ciencia	8. ¿Crees que la mujer ha tenido la misma presencia que los hombres en la historia de la ciencia? Indica posibles razones que justifiquen tu respuesta.
Relación ciencia-tecnología (sociología externa)	9. ¿Estás de acuerdo con la afirmación que considera que “la tecnología no es más que la aplicación de la ciencia”? Propón ejemplos que ilustren tu respuesta.
Participación ciudadana, control social de la ciencia y limitaciones de la ciencia (sociología externa)	10. Cuál es tu opinión sobre la afirmación siguiente: “Además de los científicos, todos los ciudadanos deben opinar y ocuparse de los problemas que tiene la humanidad relacionados con la ciencia y la tecnología: medioambientales, fuentes de energía, transgénicos...”. Razona tu respuesta.

Fuente: elaboración propia



### 3.3. Procedimiento de análisis

Para analizar la información obtenida, se elaboraron y validaron previamente rúbricas a través de un proceso de varias fases, en las que se combinaron procedimientos cuantitativos y cualitativos de análisis de datos. Se obtuvieron así nueve dimensiones de análisis, una para cada pregunta, excepto en el caso de las preguntas 5 y 6, las cuales arrojaron respuestas similares, en unos casos, y complementarias, en otros, lo que recomendaba que fueran analizadas conjuntamente. De ahí que en adelante hablemos de dimensiones y no de preguntas. Cada una de las dimensiones fue evaluada conjuntamente por dos jueces, quienes resolvieron sus dudas y discrepancias recurriendo a un tercero. En principio la rúbrica usada empleó escalas de cinco niveles: dos de ellos que recogían visiones ingenuas con distinto grado de elaboración, otros dos que representaban visiones formadas con mayor o menor grado de aproximación a visiones consideradas adecuadas desde el punto de vista de los consensos contemplados, y otro más que se correspondía con una posición intermedia o de transición. No obstante, un estudio cuantitativo realizado en paralelo, mediante técnicas basadas en el modelo de Rasch (Linacre, 2020), puso de manifiesto que nuestra capacidad de discriminación no alcanzaba más allá que a distinguir con rigor un máximo de tres niveles distintos, lo que aconsejó que se refundieran niveles, configurando así una rúbrica final con solo tres categorías (**Tabla 2**).

**Tabla 2. Rúbrica elaborada para analizar el cuestionario**

DIMENSIÓN NDC	NIVEL I	NIVEL II	NIVEL III
1. La investigación científica. Sobre la metodología científica	Proceso rígido, que parte de la observación y la experimentación. Método único.	Se sigue aceptando una versión positivista del trabajo científico, aunque se duda ya de la idea de método único.	Se rechaza de forma explícita la idea de un método científico único y universal.
2. El conocimiento científico: leyes y teorías	La ley es una teoría demostrada.	Se rompe con la identificación de ley como teoría comprobada, pero no se articula una diferencia. Se confunden términos como explicar y describir, o el "porqué" y el "cómo".	Ley y teoría se diferencian. Se atribuye a las leyes una función descriptiva y a las teorías una explicativa.
3. El conocimiento científico: realidad vs. construcción	El conocimiento científico como reflejo de la realidad y algo verdadero.	El conocimiento científico es real y verdadero pero incompleto. Nos acercamos a la realidad con el tiempo.	El conocimiento se distancia de la realidad al considerarse el resultado de un proceso de construcción personal y social.

DIMENSIÓN NDC	NIVEL I	NIVEL II	NIVEL III
4. Los cambios en las ciencias	La ciencia no evoluciona o evoluciona solo hasta cierto punto.	La ciencia evoluciona de manera lineal y acumulativa.	La ciencia nunca es definitiva. Evoluciona gradualmente y a través del descarte y ruptura de ideas que anteriormente eran aceptadas.
5. Objetividad en la ciencia. Discrepancias y controversias científicas	Objetividad absoluta / discrepancia entre científicos porque uno de ellos está equivocado.	La ciencia como algo teóricamente objetivo pero que a veces no lo es por la condición individual humana.	Se apunta hacia factores epistémicos, no epistémicos o ambos como causas de que la ciencia no sea totalmente objetiva y de las controversias científicas.
6. La ciencia y los científicos (sociología interna). El papel del trabajo colectivo	Negación / escepticismo o falta de argumentación sobre el papel del trabajo colectivo en la ciencia.	El trabajo colectivo se reduce a la idea de construcción de la ciencia como suma de aportaciones. Cada científico se apoya en el trabajo de los anteriores.	El trabajo colectivo implica reparto y complementariedad de esfuerzos: proyectos, grupos de investigación, publicaciones, congresos, debates, comunidad científica...).
7. La ciencia y los científicos (sociología interna). El papel de la mujer en la ciencia	Respuesta descriptiva sobre el escaso papel histórico de la mujer pero sin ningún argumento.	Discriminación social y psicológica de la mujer. Escaso efecto llamada por falta de referentes.	Además de la discriminación social y psicológica se habla de la invisibilización de la mujer y de discriminación durante la carrera científica.
8. Relación ciencia-tecnología (sociología externa)	Se establece subordinación de la tecnología con respecto a la ciencia.	Se empieza a cuestionar una relación de estricta subordinación de la tecnología con respecto a la ciencia. Así, se reconoce que en tecnología también se investiga.	No se identifica la tecnología como "ciencia aplicada", reconociendo una relación simbiótica entre ciencia y tecnología, de ayuda mutua y con semejante estatus.
9. Participación ciudadana, control social de la ciencia y limitaciones de la ciencia (sociología externa)	Escepticismo o falta de argumentación sobre el papel de la ciudadanía en el abordaje de los problemas de la humanidad en ciencia y tecnología.	Se percibe el papel de la ciudadanía en los problemas de la humanidad que afectan a la ciencia y la tecnología, aludiendo solo a acciones individuales de corresponsabilidad personal.	Se considera crucial la participación colectiva de toda la sociedad, apelando a la necesidad para ello de una adecuada alfabetización científica. A veces se alude a los límites de la ciencia.

Puede verse que el nivel I se corresponde con ideas ingenuas, muy pobres y, muchas veces, totalmente alejadas de las que serían deseables desde el punto de vista de los consensos NDC. El nivel II, por su parte, representa cierto avance respecto a la categoría anterior, conformando un estado intermedio o de transición, ya que todavía proyecta ideas simplistas, parciales y que no acaban de incorporar visiones adecuadas sobre la NDC. Finalmente, el nivel III responde a categorías de respuesta más complejas e informadas que tienen en cuenta ideas más avanzadas sobre la filosofía y la sociología de la ciencia.

## 4. Resultados

### 4.1. Visiones iniciales sobre la NDC de graduados que ingresan en el MAES

Con vistas a la exploración de las visiones sobre aspectos de la NDC de graduados en especialidades de ciencias que ingresan en el MAES, la **Tabla 3** muestra las frecuencias totales obtenidas, y sus correspondientes porcentajes.

**Tabla 3. Frecuencia de las respuestas registradas para cada nivel de la rúbrica**

DIMENSIÓN NDC	NIVEL I		NIVEL II		NIVEL III	
	n	%	n	%	n	%
1. La investigación científica. Sobre la metodología científica	32	88,9	4	11,1	0	0
2. El conocimiento científico: leyes y teorías	30	83,3	6	16,7	0	0
3. El conocimiento científico: realidad vs. construcción	10	27,8	25	69,4	1	2,8
4. Los cambios en las ciencias	4	11,1	30	83,3	2	5,6
5. Objetividad en la ciencia. Discrepancias y controversias científicas	11	30,6	23	63,9	2	5,6
6. La ciencia y los científicos (sociología interna). El papel del trabajo colectivo	11	30,6	22	61,1	3	8,3
7. La ciencia y los científicos (sociología interna). El papel de la mujer en la ciencia	2	5,6	18	50	16	44,4
8. Relación Ciencia-Tecnología (sociología externa)	23	63,9	8	22,2	5	13,9
9. Participación ciudadana, control social de la ciencia y limitaciones de la ciencia (sociología externa)	17	47,2	17	47,2	2	5,6

Fuente: elaboración propia

De manera general, se observa cómo, salvo en la dimensión 7, sobre el papel de la mujer en la ciencia, la mayoría de respuestas se sitúan entre los niveles I y II. Más concretamente, el futuro profesorado posee una visión positivista con respecto a los aspectos epistemológicos de la ciencia que hacen referencia a la construcción y las características del conocimiento científico (dimensiones 1 a 5). Así, el porcentaje más bajo de respuestas informadas correspondientes al nivel III de la rúbrica aparece

en las dimensiones relacionadas con la concepción del método científico (0%), la diferencia entre ley y teoría (0%), la relación del conocimiento con la realidad (2,8%), el carácter provisional o no de este (5,6%) y la objetividad de la ciencia (5,6%). De este modo, casi el 90% de la muestra maneja como cierta la idea de método científico, concebido como un proceso rígido, que parte de la observación y la experimentación, y cuyo objetivo final es la obtención de leyes y teorías (dimensión 1):

“Creo que si es adecuado hablar del método científico ya que todo investigador sigue el método cuando realiza una investigación y sus etapas no son variables: observación, estudio, elaboración de una hipótesis, creación de modelos y elaboración de teorías” (alumno 7).

Además, el 83,3% de los participantes tiene dificultades para distinguir adecuadamente entre ley y teoría, estableciendo además una relación jerárquica entre ellas, de manera que concibe las leyes como teorías comprobadas experimentalmente, tal y como queda ilustrado con el siguiente argumento (dimensión 2):

“(…) una ley es una teoría que está testada, es decir (...) se ha podido demostrar que esa teoría es o no cierta. Si es cierta sería una ley, y se cumpliría en todos los casos. Por otro lado, la teoría sería una idea o hipótesis no testada ni comprobada, es decir, existe la posibilidad de que no sea cierta” (alumna 25).

106

Para casi el 70% del alumnado, el conocimiento científico es real y verdadero, aunque incompleto, y el conocimiento científico se va acercando a la realidad con el tiempo (dimensión 3). De hecho, para el 83,3% este avance o evolución de la ciencia ocurre de manera lineal y acumulativa (dimensión 4):

“(…) el conocimiento científico es ciencia, y esta crece cada día en cada investigación y en todo momento. Más que un concepto de cambio, creo que es una evolución continua capaz de alterar verdades que creíamos absolutas y que vamos modificando” (alumna 3).

“(…) la rigidez aparente del método científico es la que otorga la fortaleza para representar de una manera fiable los diferentes aspectos del mundo físico y natural. No obstante, pueden presentarse variables que se desconozcan en cierto momento pero que al conocerse explique mejor ciertos comportamientos en la naturaleza” (alumno 26).

Con respecto a la objetividad en la ciencia y la posibilidad que existan discrepancias entre científicos (dimensión 5), más del 60% considera que la ciencia debería ser objetiva, pero que no lo es debido a que la ciencia se hace por personas que están sujetas a la condición humana:

“(…) siempre se trata de ser objetivos e imparciales, pero el hecho de ser simples observadores hace que de algún modo estén interviniendo en el objetivo de estudio. Además, su experiencia de vida será determinante en la forma de entender los resultados obtenidos” (alumna 25).

Al lado de ello, solo dos estudiantes (5,6%) llegan a referirse a factores epistémicos o no epistémicos para justificar las discrepancias y que la ciencia no sea del todo objetiva:

“(…) no son objetivos e imparciales, por ello son buenos los grupos de investigación, ya que, cada científico puede tener su propio punto de vista respecto a la interpretación de unos resultados (...) y además también puede depender de cómo se haya formado el científico” (alumno 23).

Otra faceta a considerar se refiere a la sociología de la ciencia (interna y externa), donde se obtuvieron resultados desiguales (dimensiones 6 y 7). Así, para el papel del trabajo colectivo en la ciencia se ha registrado un 8,3% de respuestas correspondientes al nivel III de la rúbrica (dimensión 6). Éstas reconocen que el trabajo colectivo implica reparto de tarea y esfuerzos dentro de los proyectos y grupos de investigación, y reconocen el papel de la difusión y debate a través de las publicaciones y congresos. Sin embargo, existe un porcentaje mayoritario de estudiantes (61,1%) que valora y reconoce la importancia del trabajo colectivo de los científicos, pero lo reduce a la suma de las aportaciones o al apoyo que cada cual encuentra en el trabajo de los que les precede, para lo cual emplean argumentos como el siguiente:

“(…) cuando un científico investiga puede descubrir cosas que le sirvan a otro científico en sus investigaciones, llegando a un conocimiento más completo que el que se realizaría de manera individual” (alumna 22).

En relación a la presencia de la mujer en la ciencia (dimensión 7), la mitad del alumnado argumenta un escaso papel debido al rol social atribuido, y un 44,4% aporta además argumentos de invisibilización de su trabajo e incluso apunta, a veces, hacia cierta discriminación dentro de la carrera científica:

“(…) no, no ha tenido la misma presencia que los hombres por el papel que jugaba la mujer en la sociedad, normalmente eran madre y cuidaban de la casa, no tenían la oportunidad de continuar con sus estudios e incluso si continuaban, se les daba muy poca visibilidad y credibilidad a los descubrimientos que realizaban las mujeres ya que la ciencia e investigación era considerada cosa de hombres” (alumna 17).

En el caso de la relación entre ciencia y tecnología (dimensión 8), aunque el 13,9% reconoce una relación simbiótica entre ambas, otorgándoles incluso un estatus semejante, existe un amplio porcentaje de estudiantes (63,9%) que describe una relación de subordinación de la tecnología respecto a la ciencia cuando justifica su acuerdo o desacuerdo con la afirmación de que “la tecnología no es más que la aplicación de la ciencia”:

“(…) sí [se refiere a la conceptualización de la tecnología como mera aplicación de la ciencia] ya que la tecnología se encarga de crear herramientas y/o maquinarias basándose en criterios científicos. Por ejemplo, el conocimiento de las fuerzas que actúan sobre los cuerpos pudo dar lugar al uso de poleas” (alumna 6).

Finalmente, cuando se pregunta al alumnado sobre la participación ciudadana y el control de la ciencia (dimensión 9), obtenemos el mismo número de respuestas para los dos primeros niveles de la rúbrica. De esta manera, el 47,2% de ellos se muestra escéptico respecto a ese control de la ciencia por parte de la ciudadanía:

“(…) opinar y ocuparse de una determinada materia debería ser asunto de las personas que tienen formación necesaria para dar una opinión fundamentada y crítica con peso” (alumna 25).

108 Por su parte, un porcentaje idéntico percibe la importancia de la ciudadanía en los problemas científicos y tecnológicos que afectan a la sociedad, aunque lo reducen a la responsabilidad individual de cada ciudadano:

“... todos los ciudadanos deberían ser conscientes y tratar de solventar los problemas existentes, ya que nos afectan a todos. Todos deberíamos dejar de usar plástico y cambiarlo por otros materiales menos contaminantes, emplear fuentes de energía renovables que no se agotan y contaminan menos, y que son respetuosas con el medio ambiente. Así muchos problemas más que afectan a la salubridad de la población” (alumna 6).

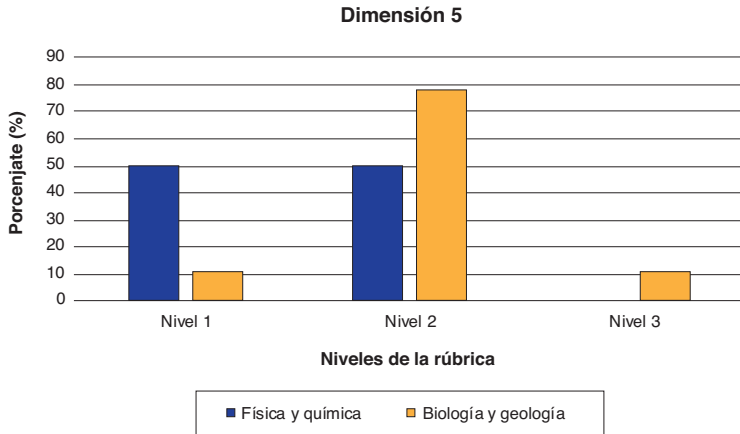
Sin embargo, las respuestas que iban más allá, adoptando una visión colectiva de responsabilidad social (asociacionismo, ejercicio democrático, etc.), la necesidad de una alfabetización científica para ello o incluso renunciando expresamente a la infalibilidad de la ciencia, fueron testimoniales.

#### **4.2. Estudio comparativo en función del género y de la especialidad**

El análisis de las visiones sobre NDC del profesorado en formación muestra que no existen diferencias en sus visiones por el hecho de ser hombre o mujer y, que para la mayoría de las dimensiones de la NDC estudiadas, tampoco influye la especialidad por la que se cursa el MAES, excepto para aquellos aspectos relacionados con la

objetividad en la ciencia (dimensión 5) y con su control social y participación ciudadana (dimensión 9) (**Figura 1**).

**Figura 1. Influencia de la especialidad en las ideas sobre la objetividad en la ciencia y la posibilidad de discrepancias y controversias (dimensión 5)**



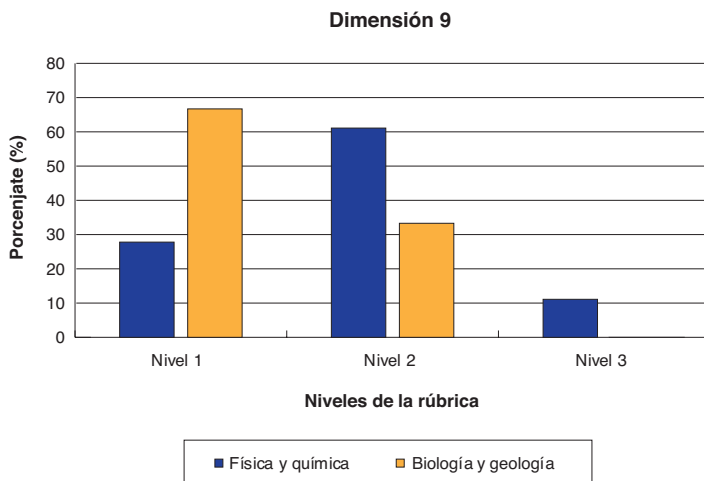
Fuente: elaboración propia

Así, la mitad de los participantes de la especialidad de física y química concibe la ciencia como una actividad objetiva en la que no tiene cabida la discrepancia entre los científicos (nivel I), mientras la otra mitad considera que la ciencia debería ser objetiva, aunque teniendo presente la imperfección humana que pueda contribuir a una interpretación inadecuada de los hechos observados (nivel II). Ninguno reconoció la existencia de factores epistémicos o no epistémicos como elementos que contribuyen a que la ciencia no sea tan neutra e imparcial como se piensa. Sin embargo, en la especialidad de biología y geología, más de las tres cuartas partes del alumnado alcanza al menos el nivel II, mientras que algo más de uno de cada diez alcanza el nivel III de la rúbrica.

En contraste con lo anterior, es el alumnado de física y química el que presenta una visión más elaborada con respecto al control de la ciencia y al papel de la ciudadanía ante la ciencia (**Figura 2**), de manera que aproximadamente tres de cada cuatro estudiantes perciben la importancia de la ciudadanía en los problemas de ámbitos científicos y tecnológico que afectan a la humanidad, aunque solo el 11,1% va más allá de la acción personal individual y contempla la participación como sociedad. Por su parte, una amplia mayoría de estudiantes de biología y geología (66,7%) se muestra escéptica respecto a este control de la ciencia por parte de la ciudadanía.

Para estas dimensiones el valor de significación asintótica obtenido con la prueba de U de Mann-Whitney fue de  $p=0,007$  y  $p=0,003$ , respectivamente, lo que indica que las diferencias detectadas probablemente no se deban al azar.

**Figura 2. Influencia de la especialidad en las ideas sobre la participación ciudadana, el control social y las limitaciones de la ciencia (dimensión 9)**



Fuente: elaboración propia

## 5. Discusión e implicaciones

110

El diagnóstico de las visiones sobre NDC en el alumnado del MAES de la Universidad de Cádiz coincide con el mostrado en otros estudios con profesorado de secundaria en formación (Acevedo-Díaz y Acevedo-Romero, 2002), predominando las ideas poco informadas, aunque aparecen de manera minoritaria otras visiones más complejas, como ocurre en nuestro estudio con los aspectos relacionados con la sociología de la ciencia. Por otro lado, no apreciamos diferencias en las ideas en función del género, mientras que en el caso de la especialidad se detectaron diferencias significativas en solo dos de las nueve dimensiones contempladas. Esto último sugiere que la estructura de la propuesta didáctica a implementar en ambas especialidades no tiene por qué diferir demasiado, aunque sí tener en cuenta los matices comentados, además de adaptarse a las ejemplificaciones pertinentes propias de cada especialidad.

En nuestra opinión, a lo largo de su formación, a los graduados en carreras científicas se les han ofrecido pocas oportunidades para reflexionar sobre la propia ciencia, cómo se construye y cuál es la naturaleza del conocimiento científico. Esta comprensión de la naturaleza de la ciencia por parte del profesorado en ejercicio y en formación es necesaria para garantizar una enseñanza adecuada de la NDC a sus estudiantes, y por tanto consideramos que el estudio de la historia y la NDC es un elemento fundamental para la formación didáctica que se imparte en el MAES. Por ese motivo, los resultados de este estudio no solo sirven para constatar los obtenidos en otros trabajos, sino que son importantes como uno de los puntos de partida para el diseño y perfeccionamiento de una SEA que permita generar esta reflexión sobre la NDC en nuestro futuro profesorado. Dicho abordaje debería adoptar como referentes de aprendizaje algunos de los consensos más importantes hallados en la literatura



sobre NDC, identificando y combinando aquellos fundamentos epistemológicos que se consideren valiosos y útiles para la enseñanza de las ciencias provenientes de la filosofía, la historia y la sociología de la ciencia (Amador-Rodríguez *et al.*, 2021; McComas *et al.*, 1998) e introduciéndolos explícitamente en las clases.

Somos conscientes de la dificultad de un tránsito desde esas ideas de las que parten hasta posiciones más acordes con los conocimientos actuales sobre la NDC, por lo que dicho abordaje debería llevarse a cabo a través de una trayectoria de progresión que vaya recorriendo de manera paulatina y desde planteamientos de complementariedad las aportaciones de distintos autores y escuelas. En este sentido, según Amador-Rodríguez *et al.* (2021), en la mayoría de casos estos abordajes suelen realizarse a través de lo que denominan un análisis epistemológico “en bloque” de las opiniones de los docentes sobre la naturaleza de la ciencia, sin matices en términos de los diferentes “temas” centrales o de las diferentes escuelas que más han influido en la epistemología de la ciencia. Se trata de un enfoque anacrónico y descontextualizado, desde el punto de vista de su origen y desarrollo histórico en el siglo XX, que hace muy difícil un aprendizaje progresivo en términos de avance a través de etapas intermedias sucesivas. Este enfoque termina poniendo al alumnado en la tesitura de tener que aceptar o abandonar ciertas ideas consideradas como incompatibles y antagónicas, obligando así a un cambio súbito y radical, al estilo de lo que se proponía desde las teorías de cambio conceptual. No obstante, muchos autores han abogado por un enfoque diferente que contemple una comprensión más informada de la historia y la filosofía de la ciencia (Matthews, 2012). En concreto, Amador-Rodríguez *et al.* (2021) apuestan por una perspectiva alternativa sobre el estudio de los puntos de vista de la NDC, introduciendo una periodización de la filosofía de la ciencia para demarcar y justificar los distintos puntos de vista que se utilizan para hacer evolucionar las ideas de los docentes. Dicha periodización contemplaría algunos de los periodos correspondientes a escuelas consolidadas en la filosofía de la ciencia del siglo XX, seleccionados por su relevancia para la comunidad investigadora en didáctica de la ciencia (Amador-Rodríguez, 2018): positivismo lógico (Escuela de Viena); racionalismo crítico (Karl Popper); relativismo (Thomas Kuhn, Imre Lakatos, Paul Feyerabend, etc.); perspectivas más recientes basadas en la visión semántica de las teorías científicas (Ronald Giere). Estos periodos podrían servir no solo para estructurar un currículum sobre NDC para la formación del profesorado, sino también como hilo conductor para secuenciar los contenidos impartidos siguiendo un cierto orden cronológico que contemple la aparición de distintas visiones sobre NDC. Quiere esto decir que, si bien la finalidad última de los aprendizajes estaría en el avance progresivo de los docentes en torno a los diferentes consensos principales establecidos sobre NDC, éstos deberían estudiarse en el contexto de las distintas corrientes históricas surgidas en materia de filosofía y sociología de la ciencia.

Este tipo de planteamiento implica además contemplar los aportes de las distintas escuelas en términos de diferentes modelos de ciencia (Izquierdo, 2000). La progresión en el aprendizaje implicaría la posibilidad de aprender modelos nuevos, asumiendo que ninguno de ellos es totalmente “correcto” o “incorrecto”, y la posibilidad de integrarlos dentro de un marco global, cada vez más complejo, que matice y a la vez retome de forma crítica ciertos aspectos de los anteriores. Este enfoque de integración jerárquica, que ha sido defendido por autores como Pozo y Gómez-Crespo (1998) para

interpretar el cambio conceptual en cualquier ámbito de conocimiento, lo hacemos nuestro aquí también para interpretar el cambio en las visiones del profesorado sobre la NDC. Este marco, aporta una vía útil para encajar de forma crítica distintos modelos de ciencia, lo cual no es incompatible con una idea de progresión en los aprendizajes, ya que los consensos definidos en torno a la NDC vienen a componer vectores que permiten reconocer cierta jerarquía de complejidad en los niveles de sofisticación y complejidad de las ideas manejadas. Ello, por otra parte, permite identificar posibles caminos de progresión, a lo largo de los cuales cada docente en formación podría avanzar en su aprendizaje de manera paulatina y ser evaluado mediante rúbricas elaboradas a tal efecto.

Pero como la propia nueva filosofía y sociología de la ciencia ha mostrado, la comprensión de la ciencia y su evolución no puede realizarse en vacío, sino que para ello es necesario tener en cuenta el contexto histórico en el que se desarrolla. De ahí que sea tan importante abordar los aspectos sobre NDC a través de casos históricos concretos. De este modo, distintos episodios históricos seleccionados en función de su representatividad, importancia y conexión con las nuevas ideas que se quieren ilustrar de NDC, podrían servir como estudios de caso que permitan al docente situar y ejemplificar esas ideas.

Al objeto de llevar a buen puerto este tránsito o progresión, la metodología formativa debería ser acorde con los planteamientos constructivistas (Appleton y Asoko, 1998), proponiéndose un marco reflexivo (Schön, 1992), participativo y crítico en el que la metacognición sea un elemento decisivo (Abell *et al.*, 1998). Al lado de ello, sería preciso considerar distintos modos de trabajo e integrar en la secuencia actividades realizadas fuera de clase.

Todos estos elementos, han sido considerados e integrados como principios de referencia a considerar durante el diseño y la implementación de una propuesta didáctica para la formación inicial del profesorado de secundaria. En este sentido, en un estudio reciente se ofrecen detalles y se presentan algunos avances de sus resultados (Vicente *et al.*, 2022). Esperamos en un futuro cercano poder ofrecer resultados más profundos y detallados sobre la progresión alcanzada por los participantes a lo largo de estas enseñanzas.

## **Financiamiento**

Financiado por: FEDER/Ministerio de Ciencia, Innovación y Universidades–Agencia Estatal de Investigación/\_Proyecto EDU2017-82518-P.

## Bibliografía

Abell, S. K., Bryan, L. A. y Anderson, M. A. (1998). Investigating preservice elementary science teacher reflective thinking using integrated media case-based instruction in elementary science teacher preparation. *Science Education*, 82(4), 491-509. DOI: [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1098-237X\(199807\)82:4<491::AID-SCE5>3.0.CO;2-6](https://doi.org/10.1002/(SICI)1098-237X(199807)82:4<491::AID-SCE5>3.0.CO;2-6).

Abd-el-khalick, F. y Lederman, N. G. (2000). Improving science teachers' conceptions of nature of science: a critical review of the literature. *International Journal of Science Education*, 22(7), 665-701. DOI: <https://doi.org/10.1080/09500690050044044>.

Acevedo-Díaz, J. A., Vázquez-Alonso, A., Acevedo-Romero, P. y Manassero-Mas, M. (2005). Evaluación de creencias sobre ciencia, tecnología y sus relaciones mutuas. *Revista Iberoamericana de Ciencia Tecnología y Sociedad –CTS*, 6(2), 73-99.

Acevedo-Díaz, J. A. y Acevedo-Romero, P. (2002). Creencias sobre la naturaleza de la ciencia. Un estudio con titulados universitarios en formación inicial para ser profesores en Educación Secundaria. *Revista Iberoamericana de Educación*, 29(1), 1-28. DOI: <https://doi.org/10.35362/rie2912936>.

Acevedo, J. A. (2008). El estado actual de la naturaleza de la ciencia en la didáctica de las ciencias. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 5(2), pp. 134-169. DOI: [http://dx.doi.org/10.25267/Rev\\_Eureka\\_ensen\\_divulg\\_cienc.2008.v5.i2.02](http://dx.doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2008.v5.i2.02).

Acevedo, J. A. y García-Carmona, A. (2016). Algo antiguo, algo nuevo, algo prestado. Tendencias sobre la naturaleza de la ciencia en la educación científica. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 13(1), 3-19. DOI: [http://dx.doi.org/10.25267/Rev\\_Eureka\\_ensen\\_divulg\\_cienc.2016.v13.i1.02](http://dx.doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2016.v13.i1.02).

Amador-Rodríguez, R. Y. y Adúriz-Bravo, A. (2018). Consensus and dissent around the concept of nature of science in the Ibero-American community of didactics of science. En M. Prestes y C. Silva (Eds.), *Teaching Science with Context. Science: Philosophy, History and Education* (31-47). Springer. DOI: [https://doi.org/10.1007/978-3-319-74036-2\\_3](https://doi.org/10.1007/978-3-319-74036-2_3).

Amador-Rodríguez, R., Adúriz-Bravo, A., Valencia-Cobo, J. A., Reinoso-Tapia, R. y Delgado-Iglesias, J. (2021). Prospective primary teachers' views on the nature of science. *Journal of Technology and Science Education*, 11(2), 403-418. DOI: <https://doi.org/10.3926/jotse.1271>.

Appleton, K. y Asoko, H. (1996). A case study of a teacher's progress toward using a constructivist view of learning to inform teaching in elementary science. *Science Education*, 80(2), 165-180. DOI: [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1098-237X\(199604\)80:2<165::AID-SCE3>3.0.CO;2-E](https://doi.org/10.1002/(SICI)1098-237X(199604)80:2<165::AID-SCE3>3.0.CO;2-E).

Aragón-Méndez, M. M., Acevedo-Díaz, J. A., y García-Carmona, A. (2019). Prospective biology teachers' understanding of the nature of science through an analysis of

the historical case of Semmelweis and childbed fever. *Cultural Studies of Science Education*, 14, 525-555. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11422-018-9868-y>.

Cofré, H., Núñez, P., Santibáñez, D., Pavez, J., Valencia, M. y Vergara, C. (2019). A critical review of students' and teachers' understandings of nature of science. *Science & Education*, 28, 205-248. DOI: <https://doi-org.bibezproxy.uca.es/10.1007/s11191-019-00051-3>.

Deng, F., Chen, D. T., Tsai, C. C. y Chai, C. (2011). Students' views of the nature of science: A critical review of research. *Science Education*, 95, 961-999. DOI: <https://doi.org/10.1002/sce.20460>.

García Carmona, A., Vázquez Alonso, A. y Manassero Mas, M. A. (2011). Estado actual y perspectivas de la enseñanza de la naturaleza de la ciencia: una revisión de las creencias y obstáculos del profesorado. *Enseñanza de las ciencias*, 29(3), 403-12. DOI: <https://doi.org/10.5565/rev/ec/v29n3.443>.

García Carmona, A., Vázquez Alonso, A. 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), 23-34. DOI: <https://doi.org/10.5565/rev/ec/v30n1.442>.

García-Carmona, A. (2021). La naturaleza de la ciencia en la bibliografía española sobre educación científica: una revisión sistemática de la última década. *Revista de educación*, 394, 241-270. DOI: <https://doi.org/10.4438/1988-592X-RE-2021-394-507>.

Gil, D. (1993). Contribución de la historia y de la filosofía de las ciencias al desarrollo de un modelo de enseñanza/aprendizaje como investigación. *Enseñanza de las Ciencias*, 11(2), 197-212.

Edgerly, H. S, Kruse, J. W. y Wilcox, J. L. (2021). Quantitatively investigating inservice elementary teachers' nature of science views. *Research in Science Education*. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11165-021-09993-7>.

Fernández, I., Gil, D., Carrascosa, J., Cachapuz, A. y Praia, J. F. (2002). Visiones deformadas de la ciencia transmitidas por la enseñanza. *Enseñanza de las Ciencias*, 20(3), 477-488.

Hodson, D. (1986). Philosophy of science and science education. *Journal of Philosophy Education*, 20(2), 215-225.

Izquierdo, M. (2000). Fundamentos epistemológicos. En F. J. Perales y P. Cañal (Eds.), *Didáctica de las ciencias experimentales. Teoría y práctica de la enseñanza de las ciencias* (35-64). Marfil.

Kartal, E. E, Cobern, W. W., Dogan, N., Irez, S., Cakmakci, G., y Yalaki, Y. (2018). Improving science teachers' nature of science views through an innovative continuing

professional development program. *International Journal of STEM Education*, Ed.5, 30. DOI: <https://doi.org/10.1186/s40594-018-0125-4>.

Kruse, J. W, Easter, J. M., Edgerly, H. S., Seebach, C. y Patel, N. (2017). The impact of a course on nature of science pedagogical views and rationales. *Science & Education*, 26, 613-636. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11191-017-9916-0>.

Lederman, N. G. (1992). Students' and teachers' conceptions of the nature of science: A review of the research. *Journal of Research in Science Teaching*, 29(4), 331-359. DOI: <https://doi.org/10.1002/tea.3660290404>.

Lederman, N. G., Abd-El-Khalick, F., Bell, R. L. y Schwartz, R. S. (2002). Views of nature of science questionnaire: Toward valid and meaningful assessment of learners' conceptions of nature of science. *Journal of Research in Science Teaching*, 39(6), 497-521. DOI: <https://doi.org/10.1002/tea.10034>.

Lederman, N. G. (2007). Nature of science: past, present and future. En S. Abell y N. G. Lederman (Eds.), *Handbook of Research on Science Education* (831-880). Lawrence Erlbaum Associates Publishers.

Linacre, J. M. (2022). Winsteps® Rasch measurement computer program (Version 5.2.2). Recuperado de: <https://www.winsteps.com/>.

Manassero, M. A., Vázquez, A. y Acevedo, J. A. (2001). Avaluació del temes de ciència, tecnologia i societat. Conselleria d'Educació i Cultura del Govern de les Illes Balears. DOI: <http://dx.doi.org/10.13140/2.1.5072.9923>.

115

Matthews, M. R. (2012). Changing the focus: From nature of science (NOS) to features of science (FOS). En M. Khine (Ed.), *Advances in Nature of Science Research* (3-26). Springer. DOI: [https://doi.org/10.1007/978-94-007-2457-0\\_1](https://doi.org/10.1007/978-94-007-2457-0_1).

McComas, W. F. (2008). Seeking historical examples to illustrate key aspects of the nature of science. *Science y Education*, 17, 249-263. DOI: <http://dx.doi.org/10.1007/s11191-007-9081-y>.

McComas, W. F., Almazroa, H. y Clough, M. P. (1998). The nature of science in science education: An introduction. *Science & Education*, 7, 511-532. DOI: <https://doi.org/10.1023/A:1008642510402>.

Oliva, J. M., Caamaño, A., Strieder, R. B. y Chrispino, A. (2020). El boletín de la AIA-CTS: cinco años como testigo de demarcación del movimiento CTS en Iberoamérica. *Boletín de la AIA-CTS, número extraordinario*, 15-18.

Osborne, J., Collins, S., Ratcliffe, M., Millar, R. y Duschl, R. (2003). What "ideas-about-science" should be taught in school science? A Delphi study of the expert community. *Journal of Research in Science Teaching*, 40(7), 692-720. DOI: <https://doi.org/10.1002/tea.10105>.

Özer, F., Doğan, N., Yalaki, Y., Irez, S. y Çakmakci, G. (2021). The ultimate beneficiaries of continuing professional development programs: middle school students' nature of science views. *Research in Science Education*, 51, 757-782. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11165-019-9824-1>.

Pavez, J. M., Vergara, C. A., Santibañez, D. y Cofré, H. (2016). Using a professional development program for enhancing Chilean biology teachers' understanding of nature of science (NOS) and their perceptions about using history of science to teach NOS. *Science & Education*, 25, 383–405. DOI: <https://doi-org.bibezproxy.uca.es/10.1007/s11191-016-9817-7>.

Pozo, J. I. y Gómez-Crespo, M. A. (1998). *Aprender y enseñar ciencia*. Morata.

Schön, D. A. (1992). *La formación de profesionales reflexivos. Hacia un nuevo diseño de la enseñanza y el aprendizaje en las profesiones*. Paidós/MEC.

Torres, J. y Vasconcelos, C. (2020). Prospective science teachers' views of nature of science: Data from an intervention programme. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 16(1), em1807. DOI: <https://doi.org/10.29333/ejmste/110783>.

Vázquez, A., Acevedo, J. A., Manassero, M. A. y Acevedo, P. (2001). Cuatro paradigmas básicos sobre la naturaleza de la ciencia. *Argumentos de Razón Técnica*, 4, 135-176.

116

Vázquez, A. y Manassero, M. (2012). La selección de contenidos para enseñar naturaleza de la ciencia y tecnología (parte 1): Una revisión de las aportaciones de la investigación didáctica. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 9(1), 2-31. DOI: [https://doi.org/10.25267/Rev\\_Eureka\\_ensen\\_divulg\\_cienc.2012.v9.i1.02](https://doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2012.v9.i1.02).

Vicente, J. J., Jiménez-Tenorio, N. y Oliva, J. M. (2022). La Naturaleza de la Ciencia como objeto de aprendizaje en la formación inicial del profesorado de ciencias de secundaria. *Revista Interuniversitaria de Formación del Profesorado*, 97(26.1), 123-142. DOI: <https://doi.org/10.47553/rifop.v97i36.1.92424>.

### **Cómo citar este artículo**

Vicente, J. J., Jiménez-Tenorio, N. y Oliva, J. M. (2022). Ideas de futuros profesores de secundaria sobre la naturaleza de la ciencia para la elaboración de criterios formativos en este ámbito. *Revista Iberoamericana de Ciencia, Tecnología y Sociedad —CTS*, 17(51), 95-116. Recuperado de: [inserte URL]

## Del CTSA educativo a la ambientalización del contenido y la formación ciudadana ambiental

## Do CTSA educativo à ambientalização do conteúdo e a formação cidadã ambiental

## *From Educational STSE to Content Environmentalization and Environmental Citizenship Training*

Diana Lineth Parga Lozano \*

Este artículo presenta un balance de los aportes del enfoque CTSA a la educación en ciencias a partir de cinco aspectos. Primero, describe el enfoque desde la alfabetización científica en la visión tradicional, la centrada en la utilidad de la ciencia y la emancipadora. Segundo, analiza el enfoque CTS en interacción con lo ambiental. Esto se plantea como respuesta a la crisis en la relación sociedad-ambiente con la ciencia y la tecnología, y establece la evolución de los contenidos de la enseñanza de la química y la educación ambiental y sustentable. Tercero, contrasta el enfoque CTSA con cuestiones sociocientíficas (CSC) y cuestiones socialmente vivas (CSV) a partir de la educación en química. Cuarto, explica cómo el enfoque CTSA, las CSC y las CSV aproximan dos educaciones, la científica y la ambiental, a través de la ambientalización curricular. Quinto, muestra cómo el enfoque CTSA favorece la formación ciudadana, la ciudadanía científica y la ciudadanía ambiental para una transformación holística y compleja de la educación científica. Estos cinco aspectos evidencian que los enfoques CTS/CTSA en la educación han cambiado el contenido tradicional de enseñanza de las ciencias por un contenido más contextual y para formar sujetos que respondan a los desafíos actuales, en especial los de la crisis socioambiental.

117

**Palabras clave:** cuestiones sociocientíficas; cuestiones socialmente vivas; alfabetización científica; ciudadanía ambiental; ambientalización del contenido

---

\* Profesora en el doctorado interinstitucional en educación (DIE-UPN), la maestría en docencia de la química y la licenciatura en química de la Universidad Pedagógica Nacional, Colombia. Integra el Grupo de investigación Alternativas para la Enseñanza de las Ciencias: Alternaciencias. Correo electrónico: dparga@pedagogica.edu.co. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7899-0767>.

O artigo faz um balanço dos aportes do enfoque CTSA na educação científica a partir de cinco considerações. Primeira, descreve o enfoque através da alfabetização científica nas visões tradicional, na focada no uso da ciência y na visão emancipatória. Segunda, analisa o enfoque CTS em interação com o ambiental o que se propõe como resposta a crise na relação sociedade-ambiente com ciência e tecnologia; estabelece-se a evolução dos conteúdos do ensino da química, da educação ambiental e em sustentabilidade ambiental. Terceira, contrasta CTSA com questões sociocientíficas (QSC), questões socialmente vivas (QSV) a partir da educação química. Quarta, explica como CTSA, QSC e QSV aproxima duas educações: a científica e ambiental através da ambientalização curricular. Quinta, CTSA favorece a formação cidadã, a cidadania científica e a cidadania ambiental para uma transformação holística e complexa da educação científica. Estes cinco aspectos evidenciam que CTS/CTSA educativo têm mudado o conteúdo tradicional do ensino das ciências por um conteúdo mais contextual e para formar sujeitos que respondam aos desafios atuais, no especial, os próprios da crise socioambiental.

**Palavras-chave:** questões sociocientíficas; questões socialmente vivas; alfabetização científica; cidadania ambiental; ambientalização do conteúdo

*This article reviews the contributions of the STSE approach to science education from five aspects. Firstly, it describes the approach from scientific literacy in the traditional vision, in the one centered on the utility of science and in the emancipatory vision. Secondly, it analyzes the STS approach in interaction with the environment; this is proposed as a response to the crisis in the relationships between society, environment, science and technology; it establishes the content evolution in the teaching of chemistry and environmental and sustainable education. Thirdly, it compares the STSE approach with socio-scientific issues (SSI) and socially acute questions (SAQ) from the point of view of chemistry education. Fourthly, it explains the approximation of two types of education, scientific and environmental education, through curricular environmentalization, as it considers the approaches linked to STSE, STS and SAQ. Fifthly, it shows how the STSE approach favors citizenship education, scientific citizenship, and environmental citizenship for a holistic and complex transformation of science education. These five aspects demonstrate that the STS/STSE approaches have allowed the modification of traditional content in science education for a more contextualized content, in order to train subjects to respond to current challenges, especially those connected with the socio-environmental crisis.*

**Keywords:** socio-scientific issues; socially acute questions; scientific literacy; environmental citizenship; content environmentalization



## Introducción

Como campo de trabajo crítico, el enfoque CTS es interdisciplinar; en él convergen disciplinas como la filosofía, la historia de la ciencia, la tecnología, la sociedad, la sociología del conocimiento científico, la teoría política o la economía del cambio técnico (Ibarra y López-Cerezo, 2001); se estudia la dimensión social de la ciencia y de la tecnología, tanto en los antecedentes sociales como en lo referido a las consecuencias sociales y ambientales (Bazzo *et al.*, 2003). Este enfoque es parte de los estudios sociales de la ciencia y la tecnología y, como afirma Mitcham (2001), busca una nueva relación entre ciencia, tecnología y sociedad. Para Tedesco (2009), CTS es el nombre de la línea de trabajo académico e investigativo que se pregunta por la naturalización social del conocimiento científico y tecnológico y sus incidencias en los ámbitos económicos, sociales, ambientales y culturales, sobre todo, de las sociedades occidentales. La perspectiva emerge por la necesidad de atender las problemáticas consecuencias de naturaleza ambiental y social del vertiginoso desarrollo científico-tecnológico. Comenzó al final de los años 60 del siglo XX en los campus universitarios y se fue extendiendo en la enseñanza básica y media de los años 80, si bien Ratcliffe describe frente al origen de la educación CTS que “estuvo en los científicos y en la educación científica, hacia 1930 y científicos humanistas como Bernal, Hogben y Haldane formaron parte del movimiento que promovió el conocimiento científico para todos, mostrando la relevancia de la ciencia para la sociedad” (2001, p. 53).

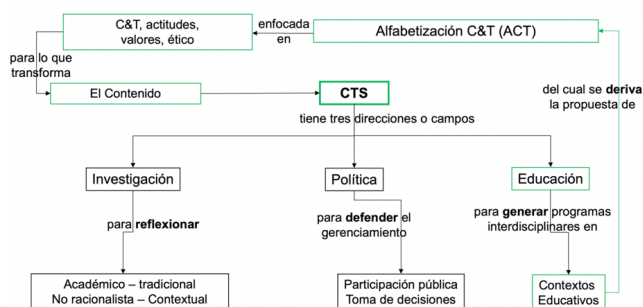
Las consecuencias sociales del impacto de la ciencia y la tecnología están en la crisis institucional producida por la falta de recursos ante nuevos riesgos nucleares, químicos, biológicos y tecnológicos, que evidencian la racionalidad tecnocientífica. Rodríguez (2001) afirma que el riesgo se refiere a la posibilidad de tener, en nuestro futuro, hechos indeseados, siendo el riesgo un concepto descriptivo y normativo. El riesgo tiene la capacidad de generar catástrofes como muerte y destrucciones ecológicas; es como si la edad de las armas químicas, biológicas y nucleares, de destrucción masiva, hubieran sido superadas por la edad de la ingeniería genética, la nanotecnología y la robótica, que tienen el propio riesgo y poder del armamento nuclear (Mitcham, 2001), por lo cual es necesario hoy educar sobre el riesgo.

Las orientaciones desarrolladas por los estudios CTS, según González *et al.* (2000), están relacionadas con tres campos: el campo de la investigación, como opción para la reflexión académica tradicional de la ciencia y la tecnología, yendo hacia una visión no racionalista y socialmente contextualizada de la actividad científico-tecnológica; el campo de la política pública, en la cual los estudios CTS defienden la regulación social de la ciencia y la tecnología para tomar decisiones sobre aspectos de las políticas científico-tecnológicas y promover mecanismos democráticos para esto; y el campo de la educación, que genera programas interdisciplinarios de enseñanza en los diferentes niveles educativos, incluyendo el universitario, tal como se representa en el **Esquema 1**.

Este artículo muestra el aporte de CTS que surge como respuesta a la crisis en la relación de la sociedad con la ciencia y la tecnología y la naturaleza, para lo cual busca favorecer la alfabetización científico-tecnológica y ambiental, la formación ciudadana y en ciudadanía científica y ambiental, así como el aporte a la interacción de dos

educaciones: la científica y la ambiental, a través de la llamada ambientalización curricular, por lo que CTS/CTSA ha favorecido la transformación del contenido de enseñanza, de sus propósitos, formas de enseñar y de concebir la ciencia y la tecnología, intentando formar para responder a los desafíos actuales a través de enfoques como cuestiones sociocientíficas (CSC) y socialmente vivas (CSV).

**Esquema 1. Campos de acción de los estudios CTS**



Fuente: elaboración propia

## Educación CTS y alfabetización científica y tecnológica

120

Frente a la pregunta de Hodson (2017) de si desde las escuelas -y agregamos: desde las universidades y la ciudadanía en general- estamos haciendo lo suficiente para enfrentar los desafíos del mundo, en especial los ambientales, o si -en términos de los propósitos que él llama democráticos, culturales y personales- podemos decir que aún no. Y esto se debe a que, desde la enseñanza de las ciencias, las disciplinas o materias que se enseñan, hay preocupación por el contenido en sí mismo. Lo concerniente a la enseñanza de lo ambiental ha traído más inquietud, principalmente desde el profesorado de biología y química. Sin embargo, el enfoque que ha permitido vincularlo, bien sea para contextualizar la enseñanza o llamar la atención de los estudiantes, es el CTSA educativo. La enseñanza contextualizada, según Caamaño (2011) y Parga y Piñeros (2018), enfatiza en el aprendizaje situado, localizado, y en la situación de aprendizaje, siendo clave el contexto desde el cual se aprende, que enseñar las ciencias a partir de problemas reales y ambientales es una gran posibilidad. En este sentido, los usos del contexto se dan en dos perspectivas: desde las aplicaciones de la ciencia y la tecnología, que parten de los conceptos para interpretar y explicar, y desde el enfoque CTSA educativo, que parte del contexto para introducir o desarrollar un concepto escolar. Sin embargo, los abordajes de temas transversales y de cuestiones sociocientíficas también son enfoques basados en el contexto (Parga, 2019) que contribuyen a hacer frente a los retos actuales.

Los temas transversales, según Membiela (2001), no son otra disciplina, sino que son incorporados a las demás materias a enseñar; son contenidos que dependen de la organización curricular disciplinar, carecen de localización precisa, tratan de ser

organizadores centrales de los contenidos disciplinares y no tienen una epistemología propia. Quintero (2007) presenta como ejemplos de los temas transversales la educación para la salud, para el consumo, para la paz y lo ambiental. Estos temas convoca una preocupación por los problemas socioambientales porque la comunidad fuerza en los alumnos una formación integral, además de los contenidos académicos; conectan la escuela con la vida y configuran una enseñanza contextualizada, favoreciendo una educación en valores; adoptan una perspectiva sociocrítica de asuntos que afectan a la humanidad. Por las características enunciadas, el contexto ambiental a partir de la enseñanza de la química, por ejemplo, no es asumido por muchos profesores como tema transversal, y menos aún como un contenido ambientalizado (Parga, 2019).

En el campo de la educación CTS se busca promover la alfabetización en ciencia y tecnología; esto es, saber leer la realidad marcada por el desarrollo científico-tecnológico, capacitando a todos los ciudadanos para participar en el proceso democrático de la toma de decisiones y promover acciones para resolver problemas relacionados con la ciencia y la tecnología (Waks, 1990); como ejemplos de estos problemas está la degradación del ambiente por contaminación y sobreexplotación de recursos naturales, el control de armas nucleares, la regulación de organismos creados por ingeniería genética, el impacto de las vacunas experimentales, la emergencia climática sobre el cambio global ambiental, etc. Así, el objetivo de la educación CTS es la formación pública y la alfabetización según la nueva imagen de la ciencia y la tecnología en el contexto social (Membiela, 2001; Bazzo *et al.*, 2003).

Veinte años después, esta idea de la alfabetización se mantiene considerando que los ciudadanos alfabetizados científica y tecnológicamente deben participar en la toma de decisiones sobre cuestiones sociales basadas en la ciencia y la tecnología e intervenir en una deliberación crítica sobre ella sin dar por sentado el statu quo subyacente. En este sentido, Yacoubian (2017) plantea que los currículos de ciencia y los documentos de política curricular pueden respaldar la alfabetización científico-tecnológica cuando incorporan principios de educación democrática en su núcleo. Además, hoy es tan necesaria dicha alfabetización porque puede ayudar a las personas a identificar información falsa, a propósito de las *fake news*, ya que, según Sharon y Baram-Tsabari (2020), existen temas como el cambio climático y las vacunas infantiles asociadas al SARS-Cov2 que generan controversia pública persistente, dado que, en general, hay desinformación o, como plantea Bencze, “miembros del sector privado que promueven controversias y confusiones asociadas con posibles daños de sus productos y servicios pagando a científicos, médicos, periodistas y personas de renombre para poner en duda la evidencia de los campos de la ciencia” (2017, p. 25). Como educadores de ciencias, debemos mejorar en los componentes de alfabetización científico-tecnológica teniendo en cuenta aspectos como la comprensión de las prácticas científico-tecnológicas y ambientales; la identificación y el juzgamiento de la experiencia científica apropiada; el conocimiento epistémico y las disposiciones y los hábitos mentales como la curiosidad y apertura mental. Asimismo, nos corresponde saber qué tanto ha variado la concepción de esta alfabetización, pues, según Sjöstrom y Eilks (2018) y Valladares (2021), ha habido una transición de visiones. Por ejemplo, se ha pasado de la visión transmisiva de alfabetización científico-tecnológica (Visión-I) a una visión transformadora (Visión-III) que tiene un

mayor compromiso con la participación social y la emancipación, aspectos estos que se resumen a continuación.

- *Visión-I.* Enfocada en el aprendizaje de contenidos y procesos científicos para su posterior aplicación, enfatiza que la ciencia es una disciplina que exige conocimiento proposicional y procedimental, metacognición y disposición; es la perspectiva “ciencia para preparar a los futuros científicos”. Está presente en las evaluaciones tipo TIMSS y OCDE, que carecen de contexto en sus enunciados.
- *Visión-II.* Centrada en comprender la utilidad del conocimiento científico en la vida y la sociedad y fomentar su aprendizaje desde contextos significativos, contextualizados y relacionados con la tecnología, el medio ambiente y la sociedad, es la perspectiva de “ciencia para todos”. Con un enfoque sociocultural de la enseñanza que considera lo individual-social junto con las dimensiones históricas y filosóficas de la ciencia, así como los valores, las creencias y las emociones. Está presente en las evaluaciones tipo PISA que contextualiza los enunciados.
- *Visión-III.* Promueve la emancipación de los sujetos para transformar la sociedad, demanda del pensamiento crítico; la ciencia escolar requiere mayor compromiso social e impacto de la ciudadanía, lo que incluye una agenda política y emancipatoria integrada con valores como equidad y justicia socioambiental, lo que estaría en la perspectiva de la sustentabilidad ambiental, dada la crisis actual. Así, el aprendizaje es situado e interdisciplinar. La evaluación estaría en la perspectiva de lo que Mueller (2018) llamada evaluación auténtica.

122

Para alcanzar la alfabetización científico-tecnológica, así como la ambiental, el enfoque CTS educativo promueve y renueva las estructuras y contenidos de enseñanza (Parga y Mora, 2020), según una nueva imagen de la ciencia y la tecnología y el ambiente en el contexto social, aunque los aspectos didácticos de esta renovación no han tenido la misma atención que los relacionados con la transformación organizativa curricular, por lo que es requerida una renovación de los objetivos, las concepciones, los métodos y los procedimientos en la enseñanza y la formación docente.

En general, los programas CTS en la enseñanza primaria, secundaria y media asumieron tres opciones: la introducción de CTS en los contenidos de las disciplinas de las ciencias o injerto CTS; las ciencias desde CTS; y CTS puro (Parga y Alba, 2015). En la universidad, el enfoque CTS propuso modificar las estructuras anacrónicas y los contenidos curriculares de la educación en ciencia, ingeniería y humanidades. La universidad en general carecía de programas consolidados que ofrecieran ciencia y tecnología por medio de CTS; lo habitual era ofrecer CTS puro como programas de especialización o en posgrados. Es una opción que prioriza contenidos actitudinales dentro de sus tres componentes.

En el injerto CTS, los estudiantes hacen análisis de cuestiones, simulacros de toma de decisiones y configuración de contextos políticos, y realizan proyectos de actuación ciudadana reales o simulados (Waks, 1990). Esta opción para la enseñanza de las ciencias, y de la química en particular, abordó unidades como el uso de la radioactividad,

el reciclaje, la lluvia ácida. La ciencia desde CTS propuso la estructuración de los contenidos de las disciplinas científico-tecnológicas para estudiantes que no quisieran seleccionar disciplinas tradicionales y considerando proyectos interdisciplinarios como los problemas ambientales en los que los alumnos asumen futuros roles; esta permite adquirir conceptos científico-tecnológicos, razonamientos cuantitativos y técnicas de resolución de problemas, por lo que el aprendizaje del contenido está en el contexto de cuestiones familiares comunitarias. En CTS puro, los contenidos científicos tienen un papel subordinado. En general hoy se trabaja casos simulados en los que son representados los roles de los afectados. Otras estrategias de enseñanza son el trabajo en pequeños grupos, el aprendizaje cooperativo, las discusiones centradas en los alumnos, la resolución de problemas, las simulaciones en la toma de decisiones, los debates y las controversias. Ejemplos de proyectos CTS-A en la enseñanza de la química como APQUA y SALTERS, ciencia ciudadana, etc., pueden ser consultados en Parga y Mora (2016).

Estas opciones hicieron que los contenidos CTS en la enseñanza de las ciencias, según Membiela (2001), se entendieran desde dos perspectivas: cuestiones sociales externas a la comunidad científica (variabilidad climática, guerra química, agrotóxicos en los alimentos, pandemia, guerras incluidas la digital, migración masiva, impactos de la inteligencia artificial); y cuestiones sociales internas a la comunidad científica: estudios sociales de la ciencia en los que es la propia ciencia el objeto de estudio de las ciencias sociales, al ocuparse de sus implicaciones filosóficas, sociológicas, históricas, políticas, económicas y culturales.

123

### **CTS y su interés por lo ambiental**

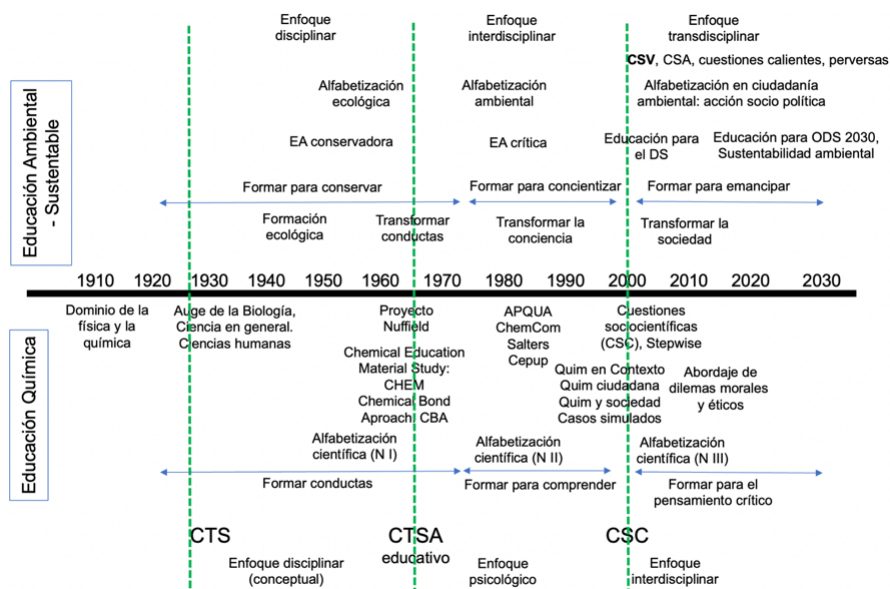
La ciencia y la tecnología son productos de la cultura humana y su desarrollo ha sido tan grande que, para muchos, los tecnófobos, este desarrollo es la causa de los males de la sociedad; para otros, los tecnófilos, el desarrollo de esta dupla es central para el progreso humano, teniendo que ver con la causa de los problemas socioambientales. ¿Será esta relación entre la ciencia y la tecnología la condición para resolverlos? Según Martín-Gordillo (2009), la ciencia y la tecnología son importantes hoy, lo que no implica aceptar que su desarrollo escape de la evaluación y el control social. Esta idea muestra la necesidad de la relación entre la ciencia y la tecnología con lo humanístico; es decir, la alfabetización científico-tecnológica de los ciudadanos, la cual tiene sentido no solo para comprender la producción de los especialistas; también significa tener capacidades-competencias para participar en el intercambio de diálogos, comprender sus significados y las implicaciones socioambientales.

En el campo de la educación CTS existe, desde sus comienzos, un interés por las cuestiones ambientales, las cuales debían analizarse considerando el desarrollo científico-tecnológico porque implicaba, e implica, un cambio radical de la relación entre el ser humano y la naturaleza. Así, el acrónimo CTS es conservado por autores como Aikenhead (2005), en tanto que Edwards *et al.* (2004), Martínez (2010), Pedretti y Nazir (2011), Martínez y Parga (2013), Parga y Mora (2020) y, como se ve en Martins *et al.* (2020), es presentado como CTSA, no solo para destacar problemáticas ambientales en diversos escenarios, sino para ver su evolución con lo ambiental.

Hoy, después de 40 años del surgimiento en la investigación y su práctica en la educación en ciencias (EC) desde el enfoque CTSA, parece haber confusión entre muchos educadores sobre la consigna del enfoque, teniendo diversos discursos, variedad de propuestas de enseñanza y formación, programas y métodos; es como un vasto océano de ideas, principios y prácticas cruzadas y mezcladas, tal como lo afirman Pedretti y Nazir (2011), o incluso sus conceptos son desconocidos o tergiversados por los profesores de ciencias (Parga y Alba, 2015; Bencze, 2017). Según Pedretti y Nazir (2011), el enfoque CTSA puede ser descrito dentro de seis corrientes (aplicación-diseño, histórica, de raciocinio lógico, centrada en el valor, sociocultural y relacionada con la socio-ecojusticia) que muestran a la ciencia en un riesgoso abordaje contextual a partir de la política, ética, historia y filosofía. Las razones de estas corrientes son complejas, pero pueden haber surgido por la presión externa de la política y del currículo educativo, la multitud de contextos y perspectivas del trabajo docente y de investigadores de la EC.

Para el caso de la enseñanza de la química a partir del enfoque CTS/CTSA, han sido desarrollados proyectos como APQUA, ChemCom, CEPUP, Química y sociedad, Química en contexto y SALTERS, entre otros, que se centran en temas ambientales y muestran una evolución en el énfasis de los contenidos; es decir, al pasar del enfoque disciplinar, psicológico, CTS, CTSA, tal y como se presenta en el **Esquema 2**.

**Esquema 2. Evolución del contenido en la enseñanza de la química y EA**



Fuente: elaboración propia



## CTS educativo desde CSC y CSV en profesores de química

Dentro de las propuestas educativas más recientes en CTSA están las cuestiones sociocientíficas (CSC), que comparten principios similares con la educación CTSA, pero cuyos autores pueden considerar diferentes. Pedretti y Nazir (2011) argumentan que CTSA y CSC reconocen la importancia de la conceptualización de la cultura científica para que la ciudadanía participe de una toma de decisiones informada, tengan la capacidad de analizar, sintetizar y evaluar la información, sean formados sobre la naturaleza de las ciencias y expliciten las relaciones entre ciencia, ética y razonamiento moral.

Estas cuestiones implican conocimiento de frontera, y tienen una base de evidencia incompleta (Ratcliffe, 2009), caracterizada por el alto grado de incertidumbre, porque es generada de investigaciones no concluidas, desarrolladas en diferentes áreas de la ciencia y la tecnología; hacen explícita la naturaleza sociocultural del conocimiento científico y la mutua relación entre CTSA (Farias y Carvalho, 2012; Martínez y Parga, 2013); involucran discusiones sociales y filosóficas sobre la naturaleza y el ambiente causadas por las interferencias humanas, así como intereses políticos y económicos (Sadler y Dawson, 2012; Robottom y Simonneaux, 2012). Estas CSC abarcan implicaciones éticas, morales y ambientales, impactos globales, nacionales y locales; requieren ser analizadas en términos de riesgo/beneficio; están presentes en los medios de comunicación por las percepciones y representaciones que generan sobre la ciencia y la tecnología, involucrando discusiones, controversias y temas de interés público por el impacto producido en los interesados: gobierno, especialistas, organizaciones no gubernamentales y población, entre otros, o como dirían Funtowicz y Ravetz (2000): la comunidad de pares extendida.

125

Según Pedretti (2003), estas características hacen que las CSC requieran de un trabajo multi e interdisciplinar para involucrar aspectos sociales en un diálogo entre saberes científicos y humanísticos (diálogo entre disciplinas). Además, Farias y Carvalho (2012) argumentan que estas permiten traducir la complejidad inherente a la vida social, posibilitando prácticas de educación ambiental y el desarrollo de aprendizajes que evidencian una perspectiva investigativa de la realidad tanto como cuestiones de ética, moral y política.

Autores como Sauvé (2010), Simonneaux y Simonneaux (2014), Simonneaux y Pouliot (2017) plantean las cuestiones socialmente vivas (CSV) o cuestiones "calientes"; Wals y Dillon (2015) los problemas perversos; y Bencze (2017) la perspectiva STEPWISE. Lo que tienen en común es que estos asuntos inquietan nuestras sociedades, en especial en temas como salud, ambiente, política y economía. Aquí, la dimensión biofísica de las realidades entra en juego y la tecnología se torna central de la mirada, como problema o solución; por lo tanto, el papel social de la ciencia y la tecnología, en especial de la química, no puede ser evitado. Las CSV son una estrategia para abordar las relaciones de saber y poder, y para desarrollar una cultura científica y ecológica, en el sentido de la ecología política; son desafíos sociales que movilizan representaciones, valores e intereses en confrontación (Sauvé, 2010). Las CSC est n en nuestra sociedad, en los campos de investigación y de profesión, en las aulas de clase, en los medios de comunicación; son muchos los actores involucrados

en la producción de estos temas: científicos, filósofos, ciudadanos denunciantes. Para Simonneaux y Simonneaux (2014), el conocimiento involucrado en las CSV es controvertido, plural, poliparadigmático y comprometido (analiza las controversias, las incertidumbres, los riesgos); es contextual (observa datos empíricos en un contexto particular) y distribuido (construido por los diferentes productores de conocimiento).

El estudio de las CSV y las CSC invita a reconocer las complejidades de las realidades socioecológicas y el carácter evolutivo, y a veces las contradicciones del saber científico; ambas estimulan la relación sobre la dimensión ética de la toma de decisiones y de la acción para percibir la naturaleza de los conflictos en los que emergen (Sauvé, 2010). Para Parga (2019), las CSC abordadas desde la EC aluden a tres pilares del desarrollo sustentable: económico, científico (ecológico) y social; en tanto que las CSV desde la educación ambiental (EA) consideran principalmente tres pilares del desarrollo humano sustentable: ético, cultural y político. Los dos grupos de pilares están interrelacionados y son interdependientes (Parga, 2019) en la medida que se tenga una visión compleja y sistémica de las cuestiones a analizar y resolver.

Cuando las CSC son trabajadas por los profesores de química, las controversias de naturaleza socioambiental tienen mayor predominio (Martínez y Parga, 2013), por ejemplo, al desarrollar cuestiones como las siguientes: vale más el agua o el oro, alimentos transgénicos, el agua es mercancía o un bien común de los seres vivos del planeta, bebés a la carta, el dopaje deportivo, vacunas y COVID-19, existe el cambio climático. La perspectiva CTSA hace más énfasis en la formación ciudadana de los sujetos, formación que las CSC desarrollan desde temas controvertidos como los riesgos para la salud y el ambiente de determinados desarrollos tecnocientíficos, y que a partir de la enseñanza de la química se trabajan como controversias. Muchos profesores pueden considerar que evitar temas controvertidos, especialmente aquellos con dimensiones políticas significativas, y evitar involucrarse en acciones sociopolíticas es adoptar un punto de vista neutral (Bencze, 2017); evitar asuntos políticos es, en efecto, dejar que otros decidan; en este sentido, STEPWISE permite que los estudiantes alcancen temprano esta comprensión para garantizar una conciencia sociopolítica de por vida. Sin embargo, este enfoque es más para la educación científica, pues muchos de los problemas ambientales hoy son, en gran medida, problemas sociales más que científicos, y no basta solo con la ciencia y la tecnología para superarlos.

### **Ambientalización del contenido en la enseñanza de la química**

Al incluir lo ambiental en la EC, hay una aproximación compleja de las relaciones CTSA, las CSC, las CSV o la perspectiva CSC/CSV, que incluyen aspectos ambientales. En los dos casos interactúan aspectos sobre la naturaleza y la sociedad. El asunto aquí es saber cómo el profesorado de química usa estas perspectivas para incluir, en la enseñanza de su área, contenidos ambientales como forma de ambientalizar el contenido y que pueda movilizar, en sus estudiantes, el interés por los temas ambientales; también es necesario su formación en estas perspectivas para el abordaje de temas controversiales y socialmente vivos, tales como la contaminación química por minería, la fumigación con sustancias ilegales, los agrotóxicos, las implicaciones



de la nanotecnología, los transgénicos, los impactos de energías alternativas como la nuclear y las guerras químicas, biológicas y digitales, que son el resultado de las actividades tecnocientíficas y que requieren de la participación de los ciudadanos (Parga y Pinzón, 2014). Parga (2019) se plantea si serán estas las opciones para ambientalizar los contenidos en la formación de profesores de química, o lo que está en predominio con estos enfoques (CTSA, CSC, CSV) es solo para la enseñanza de temas ambientales a partir de la química, con la intención de contextualizar el contenido y llamar la atención de los estudiantes. Para responder a esto, es necesario analizar si las propias propuestas de la EA pueden ser incorporadas en la enseñanza de la química como otra forma de tener una enseñanza de la química ambientalizada.

En la literatura, algunas estrategias y algunos modelos de la EA que han estructurado la enseñanza de la química (EQ) de manera diferente se describen en la **Tabla 1**. Calafell (2015) plantea la necesidad de cambio curricular en las instituciones; García (2015) considera que los modelos didácticos son construcciones teórico-prácticas para describir la realidad educativa y propone instrumentos, normas y pautas para su intervención; Sauvé (2010) muestra diversidad de corrientes, conceptos de EA y estrategias de enseñanza como lazos entre saberes y acciones construidas recíprocamente.

Estas posturas están asociadas con la construcción y el establecimiento de modelos para la acción, siendo necesario completarlas con otros elementos para resolver las diferencias entre educación ambiental, educación para el desarrollo sostenible (EDS) y las demás educaciones propuestas para la sustentabilidad ambiental; se requiere interrelacionar modelos didácticos en el campo ambiental con la cartografía de la EA y el contenido, considerar modelos didácticos ambientales que incluyan las miradas de las “epistemologías otras”, que, según Parga (2019), se relacionan con el pensamiento ambiental, la epistemología del sur, el pensamiento de la sustentabilidad de los pueblos andinos, las visiones andinas de buen vivir o *Sumak Kawsay*, las posmodernas y alternativas a los modelos actuales de desarrollo económico y la propuesta de la ecología integral.

Tabla 1. Modelos didácticos en EA para favorecer la EQ

Propuesta	Modelo o corriente	Características del modelo
Calafell <i>et al.</i> (2015)	El modelo requiere un cambio institucional: curricular, de los contenidos, fines y procesos	Cambio institucional para crear cultura y transformación social
		Organización curricular para superar lo monodisciplinar (valorización racional y emocional), ir de lo horizontal a una perspectiva en red, del currículo estático a uno dinámico, de lo disciplinar al diálogo
		Pasar de los contenidos temáticos a estudiar fenómenos, de la transmisión informativa a la comprensión modelizadora; de la evaluación acreditada a una reguladora
García (2015)	Didáctico tradicional	El profesor enseña sobre el medio y los problemas ambientales; transmite saberes disciplinares y valores ambientales; no tiene contenidos ni objetivos ambientales, solo temas y actividades (salidas pedagógicas, celebraciones especiales)
	Tecnológico	EA es adquirir rutinas, hábitos, conductas proambientales; carece de una visión global de los problemas, sin capacidades para resolver problemas complejos; trabaja con agenda 21 o PRAE (proyecto ambiental escolar) para reducir el consumo
	Activista	Se hacen jornadas y materiales; se sobrevalora la experiencia; el profesor no sabe qué sucede en la mente del alumno al reciclar papel o al analizar indicadores de contaminación porque es un observador; sobrevalora el recurso didáctico. Es un simulacro de aprendizaje significativo
	Constructivista	Perspectiva compleja y crítica, requiere de un modelo no reduccionista e integrador
	Ambientalista (naturaleza)	Inmersión, interpretación, juegos sensoriales, actividades de descubrimiento
	Conservacionista/ recursista (recurso)	Orienta los códigos de comportamientos, auditorio ambiental, proyecto de gestión conservación
	Resolutiva (problema)	Estudios de casos, análisis de situaciones problema, experiencia de resolución de problemas asociados a proyectos
Sauvé (2010)	Sistema (sistema)	Estudio de casos: análisis de sistemas ambientales
	Científica (objeto de estudio)	Estudio de fenómenos, observación, demostración, experimentación, actividad de investigación hipotético-deductiva
	Moral/ética (objeto de valores)	Análisis de valores: clarifica y crítica los valores sociales
	Holística (todo, o ser)	Exploración libre, visualización, talleres de creación, integración de estrategias complementarias
	Crítica (objeto de transformación; lugar para la emancipación)	Análisis del discurso, estudios de casos, debates, investigación-acción
	Feminista (objeto de solicitud)	Estudios de casos, inmersión, talleres de creación, actividades de intercambio, de comunicación
	Etnografía (lugar de identidad)	Cuentos, narraciones y leyendas, estudios de casos, inmersión

Fuente: adaptada de Parga y Mora (2016, pp. 782-783)

Lo descrito deja ver que no existe consenso frente a lo que sería una didáctica ambiental; a veces es referida como una estrategia de aula o un conjunto de actividades, o se considera que con adaptar la didáctica de las ciencias es suficiente. Los que la consideran aún no asumen un estatuto epistemológico autónomo; en tanto que otras perspectivas, como las de Costel (2014), Calafell *et al.* (2015), García (2015), Walls y Dillon (2015) Parga y Mora (2016), Sjöström y Malmö (2018), Parga (2019), pueden asumirla a partir del constructivismo, la interdisciplinariedad, la transdisciplinariedad, la complejidad y el diálogo de saberes, por ser más que una didáctica de la sustentabilidad; como afirman Walls y Dillon (2015), sería un mecanismo de aprendizaje e instrucción de procedimientos y herramientas que ayuden a los alumnos a interrelacionar y ver interdependencias, navegar disputas sociocientíficas, anticipar futuros e imaginar lo más deseable, enfrentar la incertidumbre y el valor, comprender y usar la diversidad; es decir, esta didáctica demanda formar en capacidades-competencias para la sustentabilidad ambiental (Parga, 2019; Rieckmann y Barth, 2022). La didáctica transdisciplinar sería para enseñar la sustentabilidad, porque lo que se está enseñando y aprendiendo son problemas sociocientíficos y, sobre todo, socioambientales. El contenido de lo ambiental, de la sustentabilidad ambiental, no es disciplinar; es un contenido real, vivo, caliente, que genera tensión, emoción, frustración, tanto en el salón de clase como en la sociedad, y, como afirman Simonneaux y Simonneaux (2014), muestra valores éticos, lo que está más allá de las materias escolares; es un contenido del contexto real, no es producto de la tradición cultural, para lo cual los modelos didácticos centrados en lo contextual, las CSC y CSV, están siendo usados aunque varíen entre lo “frío” y lo “caliente”.

La didáctica ambiental, según Parga (2019), debe ser entendida como un campo transdisciplinar, con una mirada crítica y transformadora que se va consolidando, en tanto que sus investigadores, y sobre todos sus profesores, deben superar la concepción de esta didáctica como conjunto de métodos y estrategias de enseñanza, o de actividades propias de gestión ambiental, ecológica, o que significa educar para conservar en lo ambiental, o la EDS, o la educación en ciencias sustentables. Se demanda superar la visión dogmática por una visión relativista, identificar y consolidar modelos didácticos a partir de los cuales enseñar y reconocer las dificultades de enseñanza-aprendizaje propias y la de los estudiantes.

Enseñar lo ambiental no es transversalizar el currículo, porque, de esta forma, sucede como con los contenidos actitudinales; todos los consideran importantes, pero pocos se comprometen y se responsabilizan; esto implica superar la enseñanza intuitiva, rutinaria, artesanal y activista-irreflexiva, por modelos reflexivos, constructivistas y críticos; es decir, por modelos didácticos para abordar los problemas reales, complejos y controvertidos, problemas vivos, que establecen puentes entre conocimientos, saberes y acciones transformadoras. Al enseñar lo ambiental, no se debe asumir que es para tener éxitos inmediatos y fáciles de medir, en el sentido del modelo de enseñanza tecnológico; incluso dejar de creer que, por hacer muchas actividades, los estudiantes aprendieron y que sus ideas, representaciones mentales y conductas fueron modificadas, pues en corto tiempo no es posible, dada la resistencia al cambio; lo logrado puede ser producto de un adiestramiento de la conducta por el activismo y no un aprendizaje significativo, ni posnormal, ni localizado.

De acuerdo con lo analizado, la ambientalización de los contenidos para un profesor de ciencias naturales, en especial de química, pasa, según Parga (2019, 2020), por abordajes incipientes en los cuales se enseña con enfoque central en contenidos monodisciplinarios y se alude a algún tema de interés ambiental tradicional, hasta tener un plan de estudio totalmente basado en problemas reales orientados a la acción; es decir, una ambientalización deseable (transdisciplinar), en la que las CSV favorecen más que las CSC, o, según Sepúlveda y Mora (2021), como cuestiones socioambientales (CSA), cuando se trata de la educación ambiental.

### **Ciudadanía ambiental y ciencia ciudadana**

El término “ciudadanía” no es fácil de conceptualizar. Esto depende de la época, del contexto geográfico, político, ideológico, e incluso de intereses vigentes. Puede ser una idea formal limitada al individuo, centrada en tomar decisiones y en hacer selecciones en un contexto contradictorio que demandaría transformaciones y justicia social, es decir, en la ampliación de la participación de actores diversos en contextos deliberativos. La ciudadanía en la educación es considerada una de las competencias que se deben favorecer; para Colombia, habilitan para la convivencia, la participación democrática y la solidaridad; son desarrolladas durante la enseñanza básica y media. Según el MEN (2004), las competencias ciudadanas son conocimientos, actitudes y habilidades cognitivas, emocionales y comunicativas que, integradas, posibilitan que los ciudadanos y las ciudadanas actúen de forma constructiva en la sociedad democrática para que todas las personas sean sujetos activos-sociales en ejercer la ciudadanía. La formación ciudadana se refiere a saberse relacionar con los demás de forma cada vez más comprensiva y justa, y a la capacidad de resolver problemas cotidianos.

130

En el contexto actual es demandado por la política internacional la formación ciudadana. Es lo que la Unesco denomina educación para la ciudadanía mundial (ECM): una educación que favorece el desarrollo de sociedades más justas, pacíficas, tolerantes, sustentables, inclusivas y seguras. Es uno de los desafíos de la globalización, y más hoy, cuando no se tiene un consenso acerca del significado de ser ciudadano mundial (Unesco, 2016). Esta ECM también ha sido llamada educación sin fronteras o ciudadanía del Estado-Nación, cosmopolitismo, ciudadanía planetaria. Busca empoderar para la participación con roles activos, locales y globales, y enfrentar desafíos como los problemas ambientales, la desigualdad y la injusticia social.

Según Parga (2019), la formación en capacidades-competencias ciudadanas puede darse a través de propuestas argumentadas desde la educación en ciencias CTSA, por ejemplo las cuestiones perversas; las CSC; las CSV; las CSA; la imagen y comprensión pública de la ciencia del siglo XXI, en especial la imagen pública de la química, como plantean Guerris *et al.* (2020); la ciencia y la ciudadanía, o ciencia ciudadana; la ambientalización curricular; la didáctica de las ciencias; la didáctica transdisciplinar; las educaciones para la sustentabilidad ambiental, para el desarrollo sustentable; y la misma educación ambiental, entre muchas otras. Estas han movilizadado intereses en problemáticas actuales. Para esto hay que superar los contenidos enciclopédicos y

transformarlos en lo que Parga (2019) llama contenidos vivos o problemas actuales del mundo, y así contribuir no solo para formar a las presentes y futuras generaciones, sino también para formar en la toma de decisiones, para lograr un mundo más viable y mejor, para que sean respetados los derechos de todos los habitantes del planeta -humanos y demás seres de la naturaleza- y se permita el desarrollo humano en sustentabilidad, y para convivir en armonía.

Unesco (2016) establece el concepto de ciudadanía como un aspecto contemplado en los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS 2030) a través del ODS 4, para “garantizar una educación inclusiva, equitativa y de calidad y promover oportunidades de aprendizaje durante toda la vida para todos, lo cual incluye a la ciudadanía mundial como una de sus metas”. Para 2030 la comunidad internacional acordó asegurar que todos los estudiantes adquieran el conocimiento y las habilidades necesarias para promover el desarrollo sostenible -si bien desde América Latina se plantea la sustentabilidad ambiental-, incluyendo a la ciudadanía mundial. Se insta por la responsabilidad de las universidades de promover esta ciudadanía al enseñar a sus estudiantes, miembros de una comunidad global-local, el uso de habilidades para contribuir con ella. Veinte años atrás, Ratcliffe (2001), al analizar el futuro de la educación CTS, asumía que era prominente la ciencia para la ciudadanía y que emergía con fuerza en el currículo, aspecto que hoy está en el centro de la educación en ciencias y sus políticas.

Estos planteos han hecho que surjan visiones sobre la ciudadanía ambiental y la ciudadana en sustentabilidad, que, según Akpan (2017), desde la educación científica como desde las demás educaciones, deben promoverla a través de programas socialmente responsables para que haya personas conscientes de sus responsabilidades; deben favorecer la transformación de vidas y actitudes, la viabilidad de la democracia, la promoción de una ciudadanía “otra”. Como afirman Parga y Pinzón (2014), es posible, a partir de la educación científica, formar ciudadanos autónomos, críticos y responsables, con conocimientos suficientes para tomar decisiones, las cuales están pensadas y fundamentadas desde los saberes de la cultura, analizando las implicaciones sociales, éticas, morales, políticas, económicas y ambientales de los conocimientos. Se trata de una ciudadanía que involucra los saberes producidos por la humanidad, y no solo los conocimientos científicos.

Asimismo, han surgido propuestas como las de ciencia ciudadana (CC) y demociencia (ciencia democrática), ciencia en la comunidad, ciencia multitud, ciencia multitud de fuentes, monitoreo voluntario, ciencia ciudadana en línea. Estas refieren a la participación pública en la investigación científica, en la que se hace monitoreo participativo e investigación-acción participativa y colaborativa, y se mejora la capacidad de las comunidades científicas y la comprensión pública de la ciencia. Esta CC, según Irwin (1995), es más una ciudadanía científica que ambiental o en sustentabilidad, ya que es el desarrollo de conceptos de ciudadanía científica lo que ponen en primer plano, la necesidad de abrir la ciencia y los procesos de la política científica al público; en este sentido, la ciencia debería responder a las preocupaciones de la ciudadanía al producir conocimientos científicos confiables a partir de criterios para tal fin.

Según Blake *et al.* (2020), la ciencia ciudadana es un modelo de investigación que implica la asociación de miembros de la comunidad y científicos acreditados para abordar una cuestión científica de interés mutuo. Estos programas de CC pueden tener un alcance hiper local o global, se centran en tomar o analizar datos o ambos, y pueden abarcar variadas áreas de estudio: astronomía, ornitología, océanos, insectos, arrecifes de coral, peces de agua dulce, agricultura, historia del arte, sismología, hidrología, plásticos, contaminación, percepción ciudadana (de la ciencia), pandemia, COVID-19, entre otros.

Por último, un desafío para la educación científica es impactar en la formación ciudadana; es decir, que desde ella se enfoquen acciones para ayudar a superar problemas de la región como la pobreza, la calidad de vida digna y la injusticia, haciendo una EC con miembros activos. Para ello, fomentar las capacidades-competencias de una persona en el siglo XXI, en la perspectiva de Macedo (2016), Parga (2019) y Rieckmann y Barth (2022), pueden favorecer los aportes de ciencia ciudadana y las cuestiones controversiales (calientes, perversas, agudas, vivas, sociocientíficas, socioambientales, STEPWISE) que fomentan el activismo sociopolítico.

### **Consideraciones finales**

En el contexto colombiano e internacional, la educación en ciencias se ha visto abocada a dejar de ser aislada para ser relacional con educaciones emergentes: EA emancipadora, EDS, educación para la sustentabilidad, educación ciudadana, ecociudadanía y ciudadanía ambiental; lo que ha hecho que esta EC cambie, o no, hacia los extremos fríos y calientes -como dirían Simonneaux y Simonneaux (2014)- al abordar temas agudos de la sociedad para ambientalizar el currículo y evidenciar su evolución (**Tabla 2**).

Tabla 2. Formas de abordar la educación en ciencias (EC)

Niveles Criterios	Extremo frío	Intermedio tibio	Extremo caliente	
	EC	CSC	CSV	Convivir en armonía
Participación democrática	Deliberativa: el conocimiento científico viene de especialistas, es retórico	Práctica: el conocimiento es situado	Democracia representativa (disenso-conflicto)	Democracia comunitaria, planetaria
Aprendizaje	Conceptos de las ciencias	Ciudadanía científica, alfabetización científica, inteligencia moral, responsabilidad social	Desarrollar la ciudadanía científica y política	Desarrollar la ciudadanía ambiental para el cambio social; resolver problemas reales
Conocimiento movilizado	Científico monodisciplinar	Científico interdisciplinar	Interdisciplinar en ciencias y humanidades y conocimiento no académico	Académico, popular, ancestral, etc. (diálogo de saberes)
Objetivo	Desarrollar conocimiento conceptual y procedimental sobre la ciencia Aprendizaje de conceptos	Motivar a los alumnos Convencerlos de los méritos de la tecnociencia, desarrollar pensamiento de orden superior	Fomentar compromisos en los alumnos activistas Toma de decisiones con pensamiento crítico y activismo	Resolver problemas de la vida, reales, del contexto (acción sociopolítica)
Valores promovidos	Valores epistémicos: validez, fiabilidad, precisión	Valores sociales de la ciencia	Valores filosóficos los cuales son explicitados	Valores éticos, morales, espirituales
Niveles de los problemas	Nivel 1 Apreciación del impacto social del cambio científico y social; la ciencia y la tecnología son determinadas por la cultura	Nivel 2 Reconocimiento de las decisiones sobre el desarrollo científico y tecnológico  Nivel 3 Desarrollo de los propios puntos de vista y según los valores	N3 y Nivel 4 Reparación y adopción de medidas sobre CSV	N1, N2, N3, N4
Tipos de controversia	Disciplinar	Centrada en la ciencia y la tecnología	Enfocada en lo social	Enfocada en lo socioambiental

133

Fuente: adaptada de Parga (2019, p. 78)

Las CSC, las CSV y el programa STEPWISE están en la perspectiva de la ciencia en contexto -Science- in-Context o SinC- (Bencze *et al.*, 2020), siendo la base de todas ellas la perspectiva educativa CTSA que hoy se comprende como entidad holística, enfocada en las relaciones entre ciencia, tecnología, sociedad y ambiente, en la que

la ciencia estaría en contextos sociales, tecnológicos, culturales, éticos, políticos y ambientales; se promueve así la responsabilidad social y la agencia, el compromiso de los estudiantes y la esperanza de visiones alternativas del futuro; se busca complementarlas, por ejemplo, desde las CSC con EA, para favorecer el desarrollo de competencias de los estudiantes y de profesores hacia la EDS (Rieckmann y Barth, 2022) y la educación en sustentabilidad ambiental (Parga, 2021), incluida la conceptualización de afirmaciones científicas, el equilibrio de consideraciones éticas y culturales, la negociación de consecuencias no deseadas de las soluciones propuestas y la participación en discursos sociocientíficos (Herman *et al.*, 2018). Si bien el enfoque CTSA, las CSC y las CSV evolucionan de forma diferente, se van adaptando a cada contexto cultural, haciendo que surjan enfoques como cuestiones socioambientales (CSA) que atienden conflictos de esta naturaleza (Mora y Sepúlveda, 2020) y CSC para el caso colombiano (Martínez y Parga, 2013), o, por el contrario, que se mantengan aún en las perspectivas de los años 70 del siglo pasado al 2000, como ocurre con los lineamientos curriculares colombianos (Parga y Mora, 2020).

El enfoque CTSA, las CSC y las CSV, desde la perspectiva filosófica (ontológica, epistemológica y axiológica) y pedagógica–didáctica, tienen más aspectos en común que diferenciados. En su ontología, dejan ver las relaciones complejas de la ciencia y la tecnología con otras dimensiones: política, social, económica, ambiental, espiritual, ética-estética, cultural. Consideran las visiones de la ciencia y la tecnología más allá de lo tradicional e involucran una red de relaciones de la comunidad de pares (Funtowicz y Ravetz, 2000). En lo epistemológico, desarrollan representaciones del mundo al priorizar a las ciencias naturales, haciéndolo un poco menos las CSV; las perspectivas y prácticas CTSA se globalizaron antes que CSC y CSV, pero se han adaptado a los contextos locales. Dependiendo de la corriente, el enfoque CTSA se puede orientar más hacia una perspectiva internalista -o no- de la ciencia y trabajar su naturaleza. En lo axiológico, las CSC discuten y llevan a los estudiantes a tomar decisiones morales para promover cambios en el mundo real.

Pedagógica y didácticamente, según Pedretti y Nazir (2011) y Bencze *et al.* (2020), se muestran variaciones importantes al formar desde la educación científica y al enseñar ciencias desde el enfoque CTSA, las CSV y las CSC. Se promueve la alfabetización científica en la Visión-II. Sin embargo, las CSV politizan más, por lo que llevarían hacia la Visión-III de la alfabetización científico-tecnológica, aspecto que es importante porque se supera la Visión-I, que incluso es favorecida por el enfoque STEAM que hoy es cuestionado por enfatizar lo disciplinar de la ciencia, tecnología, matemática e ingeniería (Bencze *et al.*, 2020); en los tres casos, varía el nivel de activismo, si bien las CSC buscan más el abordaje en valores. Estas dimensiones de la educación en ciencias han permitido ambientalizar el currículo, siendo menos deseable el enfoque CTSA. En un nivel intermedio estaría el abordaje de las CSC, y más deseable serían las CSA (Parga, 2019).



## Bibliografía

Aikenhead, G. (2005). Educación ciencia - tecnología - sociedad (CTS): una buena idea como quiera que se llame. *Educación Química*, 16(2), 114-124. Recuperado de: [https://andoni.garriz.com/documentos/aikenhead\\_a\\_rose\\_by\\_any\\_other\\_name.pdf](https://andoni.garriz.com/documentos/aikenhead_a_rose_by_any_other_name.pdf).

Akpan, B. (2017). Science Education in a Future World. En Akpan, B. (ed.). *Science Education: a global perspective* (331-346). Springer. DOI: 10.1007/978-3-319-32351-0\_17.

Bazzo, W. A., Linsingen, I. y Teixeira, L. (2003). Introdução aos estudos CTS (ciência, tecnologia e sociedade). *Cadernos de Ibero-América*. Madrid: OEI.

Bencze, L. (2017). *Science and Technology Education Promoting Wellbeing for Individuals, Societies and Environments*. STEPWISE. Ontario: Springer. DOI: 10.1007/978-3-319-55505-8.

Bencze, L., Pouliot, Ch., Pedretti, E., Simonneaux, L., Simonneaux, J. y Zeidler, D. (2020). SAQ, SSI and STSE education: defending and extending “science?in?context”. *Cultural Studies of Science Education*, 1-20. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11422-019-09962-7>.

Blake, C., Rhanor, A. y Pajic, C. (2020). The Demographics of Citizen Science Participation and Its Implications for Data Quality and Environmental Justice. *Citizen Science: Theory and Practice*. DOI: <https://doi.org/10.5334/cstp.320>.

135

Caamaño, A. (2011). Contextualización, indagación y modelización. Tres enfoques para el aprendizaje en las clases de química. *Aula de Innovación Educativa*, 207, 17-21. Recuperado de: [http://webdelprofesor.ula.ve/nucleotachira/oscar/materias/practica1/lecturas\\_pra1/lecturasUnidadI/contextualizacion.pdf](http://webdelprofesor.ula.ve/nucleotachira/oscar/materias/practica1/lecturas_pra1/lecturasUnidadI/contextualizacion.pdf).

Calafell, G., Bonil, J. y Junyent, M. P. (2015). ¿Es posible una didáctica de la Educación Ambiental? ¿Existen contenidos específicos para ello? *Revista Eletrônica do Mestrado em Educação Ambiental do PPGEA/FURG-RS*, especial, 31-54.

Costel, E. M. (2014). Didactic Options for the Environmental Education. The 6th International Conference Edu World, Pitesti, Arges, Romania, Education Facing Contemporary World Issues. *Proceedings 7th-9th November*, 1380-1385.

Eduards, M., Gil, D., Vilches, A. y Praia, J. (2004). La atención a la situación del mundo en la educación científica. *Enseñanza de las ciencias*, 22(1), 47-64. Recuperado de: <https://raco.cat/index.php/Ensenanza/article/view/21960>.

Farias, C. R. O., Carvalho, W. L. P. (2012). Do arquivo à escola: interpretações em torno de um caso controverso de direito ambiental no ensino médio. En L. M. Orquiza De Carvalho y W. L. P. Carvalho (Orgs.), *Formação de professores e Questões sociocientíficas no ensino de ciências* (pp. 194-223). São Paulo: Escrituras.

Funtowicz, S. y Ravetz, J. (2000). *La ciencia posnormal*. Barcelona: Icaria.

García, E. (2015). ¿Es posible una didáctica de la Educación Ambiental? Hacia un modelo didáctico basado en las perspectivas constructivista, compleja y crítica. *Revista Eletrónica do Mestrado em Educação Ambiental do PPGEA/FURG-RS, especial*, 1-30.

González, M. I, López Cerezo, J. A. y Luján, J. L. (2000). *Ciencia, tecnología y sociedad: una introducción al estudio social de la ciencia y la tecnología*. Madrid: Tecnós.

Guerris, M., Cuadros, J., González-Sabaté, I. y Serrano, V. (2020). Describing the public perception of chemistry on twitter. *Chemistry education Research and Practice*, 2, 1-12. DOI: 10.1039/C9RP00282K.

Herman, B. C., Sadler, T. D., Zeidler, S. D. y Newton, M. H. (2018). A Socioscientific Issues Approach to Environmental Education. En G. Reis y J. Scott (Eds.), *International Perspectives on the Theory and Practice of Environmental Education: A Reader* (145-162). Springer. DOI: <https://doi.org/10.1007/978-3-319-67732-3>.

Hodson, D. (2017). Foreword: The Significance of STEPWISE for Fostering Life-Long Sociopolitical Activism. En L. Bencze (Ed.), *Science and Technology Education Promoting Wellbeing for Individuals, Societies and Environments*. STEPWISE (3-18). Ontario: Springer. DOI: 10.1007/978-3-319-55505-8.

136

Ibarra, A. y López Cerezo, J. (2001). Norte y sur de CTS. En A. Ibarra y J. López Cerezo, (Eds.), *Desafíos y tensiones actuales en ciencia, tecnología y sociedad* (13-23). Madrid: Biblioteca Nueva y OEI.

Irwin, A. (1995). *Citizen Science: A Study of People, Expertise and Sustainable Development*. Routledge.

Macedo, B. (2016). *Educación científica*. Montevideo: UNESCO. Recuperado de: <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000246427>.

Martins, I., Caamaño, A., Chrispino, A. y Vilches, A. (2020). 20 años de seminarios Ibéricos – Iberoamericanos CTS. *Boletín de la AIA-CTS, especial*, 12. Recuperado de: [https://aia-cts.web.ua.pt/wp-content/uploads/2020/06/AIA-CTS\\_Boletim12especial.pdf](https://aia-cts.web.ua.pt/wp-content/uploads/2020/06/AIA-CTS_Boletim12especial.pdf).

Martínez, L. F. y Parga, D. L. (2013). *Discurso ético y ambiental sobre cuestiones sociocientíficas: aportes para la formación del profesorado*. Bogotá: Editorial Universidad Pedagógica Nacional. DOI: <https://doi.org/10.2307/j.ctvfc51wz>.

Martínez, L. F. (2010). *A abordagem de questões sociocientíficas na formação continuada de professores de ciências: contribuições e dificuldades [Tese doutorado]*. Universidade Estadual Paulista. Recuperado de: <http://www2.fc.unesp.br/BibliotecaVirtual/DetalhaDocumentoAction.do?idDocumento=325>.

Membiola, P. (2001). Enseñanza de las ciencias desde la perspectiva Ciencia-Tecnología-Sociedad. Formación científica para la ciudadanía. Madrid: Narcea Ediciones.

MEN (2004). Serie Guía No. 6 estándares básicos de competencias ciudadanas. Bogotá.

Mitchan, C. (2001). Los científicos e ingenieros como críticos morales en el mundo tecnocientífico. En A. Ibarra y J. López Cerezo (Eds.), *Desafíos y tensiones actuales en ciencia, tecnología y sociedad* (199-216). Madrid: Biblioteca Nueva y OEI.

Mueller, J. (2018). What is Authentic Assessment? Recuperado de: <http://jfmuller.faculty.noctrl.edu/toolbox/whatisit.htm>.

Parga, D. L. (2019). Conhecimento didático do conteúdo ambientalizado na formação inicial do professor de química na Colômbia [Tese doutorado]. Universidade Estadual Paulista. Recuperado de: <http://hdl.handle.net/11449/190931>.

Parga, D. L. (2021). Desafios atuais da educação química e da formação de professores: pesquisas sobre ambientalização do conteúdo. Bogotá: Editorial Universidad Pedagógica Nacional. DOI: <https://doi.org/10.17227/td.2021.8186>.

Parga, D. L. y Alba, D. (2015). Contenidos CTSA en libros de texto de química. *Praxis & Saber*, 6(11), 15-42. DOI: <https://doi.org/10.19053/22160159.3572>.

137

Parga, D. L. y Mora, W. M. (2016). Didáctica ambiental y conocimiento didáctico del contenido en química. *Indagatio didactica*, 8(1), 777-792. Recuperado de: <http://revistas.ua.pt/index.php/ID/issue/view/283>.

Parga, D. L. y Mora, W. M. (2020). Educación CTS en Colombia: un balance de 20 años. *Boletín de la AIA-CTS, edición especial*, 12, 120-125. Recuperado de: [https://aia-cts.web.ua.pt/wp-content/uploads/2020/06/AIA-CTS\\_Boletim12especial.pdf](https://aia-cts.web.ua.pt/wp-content/uploads/2020/06/AIA-CTS_Boletim12especial.pdf).

Parga, D. L. y Pinzón, Y. (2014). El currículo del programa de formación de profesores en la interfaz universidad escuela. En L. F. Martínez y D. L. Parga (Comps.), *Formación permanente de profesores en la interfaz universidad-escuela: currículos, fundamentos y roles, una experiencia en construcción* (39-71). Bogotá: Editorial Universidad Pedagógica Nacional.

Parga, D. L. y Piñeros, G. J. (2018). Enseñanza de la química desde contenidos contextualizados. *Educación química*, 29(1), 55-65. DOI: <https://doi.org/10.22201/fq.18708404e.2018.1.63683>.

Pedretti, E. (2003). Teaching Science, Technology, Society and Environmental (STSE) education: Preservice teachers' philosophical and pedagogical landscapes. En D. Zeidler (Org.), *The role of moral reasoning on Socio scientific issues and discourse in science education* (219-239). Kluwer Academic Publishers. Recuperado de: <https://>

[www.researchgate.net/publication/318306792\\_The\\_Role\\_of\\_Moral\\_Reasoning\\_and\\_Discourse\\_in\\_Science\\_Education](http://www.researchgate.net/publication/318306792_The_Role_of_Moral_Reasoning_and_Discourse_in_Science_Education).

Pedretti, E. y Nazir, J. (2011). Currents in STSE Education: Mapping a Complex Field, 40 Years On. *Science Education*, 95(4), 601-626. DOI: <https://doi.org/10.1002/sce.20435>.

Quintero, C. (2007). Diseño, experimentación y evaluación de materiales curriculares para la formación en ciencias, tecnología y sociedad (CTS). Cali: Editorial Universidad Santiago de Cali.

Ratcliffe, M. (2009). The place of Socioscientific issues in citizenship education. En A. Ross (Ed.), *Human Rights and Citizenship Education* (12-16). Londres: CICE.

Ratcliffe, M. (2001). Society in school science education. *School Science Review*, 82(300), 83-92.

Rieckmann, M. y Barth, M. (2022). Educators' Competence Frameworks in Education for Sustainable Development. En P. Vare, N. Lauselet y M. Rieckmann (Eds.), *Competences in Education for Sustainable Development. Critical Perspectives* (19-26). Springer.

Robotton, I. y Simonneaux, L. (2012). Socio-Scientific issues and education for sustainability in contemporary education. *Research in Science Education*, 42(1), 1-4. DOI: [10.1007/s11165-011-9253-2](https://doi.org/10.1007/s11165-011-9253-2).

Rodríguez, H. (2001). ¿Cumple sus promesas la evaluación del riesgo? En A. Ibarra y J. López Cerezo (Eds.), *Desafíos y tensiones actuales en ciencia, tecnología y sociedad* (149-165). Madrid: Biblioteca Nueva y OEI.

Sadler, T. y Dawson, V. (2012). Socio-scientific Issues in Science Education: contexts for the Promotion of Key Learning Outcomes. En B. J. Fraser, K. G. Tobin y C. J. McRobbie (Ed.), *Second International Handbook of Science Education* (799-809). Londres y New York: Springer Dordrecht Heidelberg. DOI: [10.1007/978-1-4020-9041-7\\_53](https://doi.org/10.1007/978-1-4020-9041-7_53).

Sauvé, L. (2010). Educación científica y educación ambiental: un cruce fecundo. *Enseñanza de las Ciencias*, 28(1), 5-18. Recuperado de: <https://raco.cat/index.php/Ensenanza/article/view/189092/353371>.

Sepúlveda, E. y Mora, W. M. (2021). Cuestiones socioambientales como articulador curricular en la formación de profesores de ciencias: aproximación a un estado del arte. *Praxis & Saber*, 12(31), e12648. DOI: <https://doi.org/10.19053/22160159.v12.n31.2021.12648>.

Sharon, A. J. y Baram-Tsabari, A. (2020). Can science literacy help individuals identify misinformation in everyday life? *Science education*, 104(5), 873-894. DOI: <https://doi.org/10.1002/sce.21581>.

Simonneaux, L. y Pouliot, Ch. (2017). Les Questions Socialement Vives (QSV) ou Socially Acute Questions (SAQ). *Sisyphus-Journal of Education*, 5(2), 1-4. Recuperado de: <https://www.redalyc.org/pdf/5757/575763877001.pdf>.

Simonneaux, L. y Simonneaux, J. (2014). Panorama de recherches autour de l'enseignement des Questions Socialement Vives. *Revue Francophone du Développement Durable*, 4, 109-126. Recuperado de: [https://www.researchgate.net/publication/281826475\\_Panorama\\_de\\_recherches\\_autour\\_de\\_l%27enseignement-apprentissage\\_des\\_Questions\\_Socialement\\_Vives](https://www.researchgate.net/publication/281826475_Panorama_de_recherches_autour_de_l%27enseignement-apprentissage_des_Questions_Socialement_Vives).

Sjöström, J. y Eilks, I. (2018). Chapter 4: Reconsidering Different Visions of Scientific Literacy and Science Education Based on the Concept of Bildung. En Y. J. Dori, Z. R. Mevarech y D. R. Baker (Eds.), *Cognition, Metacognition, and Culture in STEM Education* (65-88). Springer.

Sjöström, J. y Malmö, C. R. (2018). Towards Transdisciplinary Didaktik – Didactic Modelling of Complex Controversial Issues Teaching for Reflexive Bildung and Sustainability. En I. Eilks, S. Markic y B. Ralle (Eds.), *Building bridges across disciplines* (3-16). Aachen: Shaker Verlag.

Tedesco, J. C. (2009). Prioridad en la enseñanza de las ciencias: una decisión política. En M. Martin-Gordillo (Coord.), *Educación, ciencia, tecnología y sociedad* (11-20). Madrid: OEI.

UNESCO (2016). *Educación para la ciudadanía mundial. Preparar a los educandos para los retos del siglo XXI*. París: UNESCO. Recuperado de: <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000244957>.

Valladares, L. (2021). Scientific Literacy and Social Transformation. *Critical Perspectives About Science Participation and Emancipation. Science & Education*, 30, 557–587. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11191-021-00205-2>.

Waks, L. J. (1990). Educación en ciencia, tecnología y sociedad: orígenes, desarrollos internacionales y desafíos actuales. En M. Medina y J. Sanmartín (Eds.), *Ciencia, Tecnología y Sociedad* (42-75). Barcelona: Anthropos.

Walls, A. y Dillon, J. (2015). Foreword. En S. K. Stratton, R. Hagevik, A. Feldman y M. Bloom (Eds.), *Educating Science Teachers for Sustainability* (v-vii). Springer.

Yacoubian, H. A. (2018). Scientific literacy for democratic decision-making. *International Journal of Science Education*, 40(3), 308-327. DOI: <https://doi.org/10.1080/09500693.2017.1420266>.

### **Cómo citar este artículo**

Parga Lozano, D. L. (2022). Del CTSA educativo a la ambientalización del contenido y la formación ciudadana ambiental. *Revista Iberoamericana de Ciencia, Tecnología y Sociedad —CTS*, 17(51), 117-140. Recuperado de: [inserte URL]

## **Pensamento crítico e criativo para uma educação ciência-tecnologia-sociedade**

## **Pensamiento crítico y creativo para una educación ciencia-tecnología-sociedad**

## ***Critical and Creative Thinking for Science-Technology-Society Education***

**Celina Tenreiro-Vieira e Rui Marques Vieira \***

São incertos e cada vez mais voláteis os desafios sociais, económicos e científico-tecnológicos que se têm de enfrentar. São múltiplas e cada vez mais complexas as interações ciência, tecnologia e sociedade (CTS). Como corolário, tem sido enfatizada e reiterada, progressivamente, a relevância do pensamento crítico e também do criativo (PCC) para que cada um possa compreender e ajudar a minimizar os problemas deste presente-futuro, contribuindo, como cidadão, para que todos tenham qualidade de vida e realizar-se enquanto pessoa. Importa, por isso, que a educação e, particularmente, os currículos escolares, a formação de professores e as práticas didático-pedagógicas contemplem o desenvolvimento do potencial de PCC dos alunos, e, por conseguinte, concorram para que realizem aprendizagens uteis e utilizáveis nas diferentes esferas da vida. Neste quadro, a partir da investigação e formação que se tem realizado, relevando o enfoque na formação de professores, pretende-se neste artigo, avançar com um quadro de referência operativo para a promoção intencional e explícita do PCC de todos para uma educação CTS desde os primeiros anos de escolaridade. Com efeito, e conforme evidencia resultante de estudos realizados, a formação de professores no respeitante ao PCC é um aspeto basilar chave para que, enquanto professor, desenvolva práticas didático-pedagógicas que promovam explícita e intencionalmente estes dois tipos de pensamento. Neste campo, outro eixo fundamental radica no tipo de formação e oportunidades formativas dos professores, sendo determinante a sua fundamentação em referenciais operativos acerca do PCC.

141

**Palavras-chave:** pensamento crítico e criativo; CTS; educação em ciências

---

\* *Celina Tenreiro-Vieira:* Centro de Investigação Didática e Tecnologia na Formação de Formadores, Universidade de Aveiro, Departamento de Educação e Psicologia, Aveiro, Portugal. Correio eletrónico: cvieira@ua.pt. *Rui Marques Vieira:* Centro de Investigação Didática e Tecnologia na Formação de Formadores Universidade de Aveiro, Departamento de Educação e Psicologia, Aveiro, Portugal. Correio eletrónico: rvieira@ua.pt.

Los retos sociales, económicos y científico-tecnológicos son inciertos y cada vez más volátiles. Las interacciones entre ciencia, tecnología y sociedad (CTS) son múltiples y cada vez más complejas. Como corolario, progresivamente se ha enfatizado y reiterado la relevancia del pensamiento crítico y creativo (PCC) para que todos puedan comprender y ayudar a minimizar los problemas de este presente-futuro, y contribuir a que todos tengan calidad de vida y puedan realizarse como personas. Por lo tanto, es importante que los currículos escolares, la formación de profesores y las prácticas didáctico-pedagógicas consideren el desarrollo del potencial PCC de los estudiantes y contribuyan a que sus aprendizajes sean útiles y utilizables en diferentes esferas de la vida. Enfatizando el enfoque en la formación docente, este artículo pretende avanzar con un marco de referencia operativo para la promoción intencional y explícita del PCC en la educación CTS desde los primeros años de escolaridad. La formación docente en torno al PCC es un aspecto clave para que los maestros desarrollen prácticas didáctico-pedagógicas que promuevan de manera explícita e intencional estos dos tipos de pensamiento. Otro eje fundamental radica en el tipo de formación y las oportunidades de formación de los docentes, siendo crucial su fundamentación en referencias operativas sobre el PCC.

**Palabras llave:** pensamiento crítico y creativo; CTS; enseñanza de las ciencias

*The social, economic, and scientific-technological challenges that humanity faces are uncertain and increasingly volatile. Science, technology and society (STS) interactions are multiple and increasingly complex. As a corollary, the relevance of critical and creative thinking (CCT) has been progressively emphasized and reiterated so that everyone can help to minimize the problems of this present-future, achieve quality of life and fulfill themselves as persons. It is important that school curricula, teacher education and didactic-pedagogical practices consider the development of students' CCT potential, and, therefore, contribute to make their learning useful and usable in different spheres of life. Emphasizing its focus on teacher education, this article aims at advancing towards an operative frame of reference for the intentional and explicit promotion of CCT and STS education from the first years of schooling. Indeed, and as evidenced by many studies, teacher training is a key aspect to develop didactic-pedagogical practices that explicitly and intentionally promote these two types of thinking. Another fundamental axis lies in the type of training and training opportunities for teachers, a crucial foundation in operational references on CCT.*

**Keywords:** critical and creative thinking; STS; science education



## Introdução

É, hoje, inegável a presença marcante dos produtos da ciência e da tecnologia na sociedade, bem como o cariz de globalidade, imprevisibilidade e complexidade crescentes das situações com que cada um se confronta nas diversas esferas da vida. Para atender a estes contextos societais, diversas organizações e organismos internacionais, como as Nações Unidas (2018), têm sido responsáveis por diversas iniciativas e documentos. Disso é exemplo, a Agenda 2030, constituída por 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), nas suas várias dimensões (sócio, económico e ambiental), como o Objetivo 4 – Educação de Qualidade, mais especificamente na promoção de uma cidadania colaborativa e responsável.

Também, os esforços, muitas vezes, de emergência sanitária, política ou até económica, têm requerido e conduzido a propostas educativas variadas e a resultados diversos, nem sempre animadores. Neste âmbito, um claro exemplo reporta à recente situação pandémica associada ao novo coronavírus, e consequentes implicações, nomeadamente em termos de tecnologias digitais e modos de operacionalizar o ensino online e a distância.

Ressalta, pois, que, na senda de ritmos acelerados de ciclos de vida atuais, os sistemas educativos têm procurado dar resposta a necessidades e desafios. Tais respostas têm salientado e reiterado percursos de formação capazes de ajudar cada um a ter uma vida produtiva, a gozar de qualidade de vida e a dar o seu contributo para o desenvolvimento sustentável a nível local, nacional e internacional.

143

Neste quadro, pese embora conotações ideológicas e afiliações, mais ou menos explícitas ou vinculadas a paradigmas mais ou menos sustentáveis de vida no Planeta, uma das vias de operacionalização de resposta educativa tem-se centrado na necessidade de promover (multi)literacia(s) para todos, como a científica e a tecnológica. Na sua globalidade, tal tem abarcado movimentos como a orientação ciência, tecnologia, sociedade (CTS); a orientação CTS associada, explícita e fundamentadamente, ao pensamento crítico e criativo (CTS/PCC) e uma perspetiva de operacionalização em torno de cinco elementos-chave (5C): pensamento crítico, pensamento criativo, comunicação, colaboração e cidadania.

Na educação, em geral, e na área das ciências experimentais, em particular, tais perspetivas, de forma mais ou menos holística, têm vindo a ser incorporadas e integradas nos currícula em diversos países, especialmente da Europa e da América do Norte. Em Portugal, na esteira de documentos curriculares precedentes, os atualmente em vigor, designadamente a “Estratégia Nacional de Educação para a Cidadania” (Direção Geral de Educação, 2017), “Aprendizagens essenciais” de disciplinas de ciências experimentais (Direção Geral de Educação, 2017) e o Perfil do Aluno no Final da Escolaridade Obrigatória (PASEO) (Martins *et al.*, 2017), salientam a formação de cidadãos capazes de viver numa sociedade altamente tecnológica, de participar ativa e racionalmente nas escolhas sociais e políticas, contribuindo para a construção de uma sociedade mais humanista e um Planeta sustentável.

Centrando a atenção no caso transversal do PASEO, este inclui áreas de competência a desenvolver por todos os alunos ao longo da sua escolaridade obrigatória, sendo que, para tal, devem concorrer todas as disciplinas. Uma das dez áreas de competência do PASEO, as quais envolvem conhecimentos, atitudes e valores e capacidades, reporta ao PCC. Conforme consta neste documento de orientação curricular, o desenvolvimento da área de competência associada ao PCC implica que os alunos sejam capazes de: i) pensar de modo abrangente e em profundidade, observando e analisando informação, experiências ou ideias, argumentando com recurso a critérios implícitos ou explícitos, com vista à tomada de posição fundamentada; ii) convocar diferentes conhecimentos, de matriz científica e humanística, utilizando diferentes metodologias e ferramentas para pensarem criticamente; iii) prever e avaliar o impacto das suas decisões; e iv) desenvolver ideias e soluções, de forma imaginativa e inovadora, como resultado da interação com outros e/ou da reflexão pessoal, aplicando-as a diferentes contextos e áreas de aprendizagem.

Nesta linha, agarrar o papel de formar cidadãos críticos e criativos, impõe que os professores desenvolvam práticas didático-pedagógicas orientadas para o PCC. Porém, para as desencadear e propiciar, é forçoso que a formação de professores, do ensino superior e não superior, tenha uma orientação inequívoca para o PCC, operacionalizando oportunidades e respostas formativas alicerçadas em estudos de investigação. Nesse sentido, no presente artigo apresenta-se e discute-se um quadro de referência operativo para a formação de professores promotores do pensamento crítico e criativo (PCC) para uma educação CTS desde os primeiros anos de escolaridade. Assim, começa-se por apresentar uma breve resenha com foco numa educação CTS/PCC para depois se salientar as articulações e a investigação que tem sido realizada, com destaque para o quadro concetual operativo a transpor para a formação de professores. Nas considerações finais procura-se fazer uma sistematização e implicações futuras para a investigação, formação e inovação em torno do CTS/PCC.

144

### **Orientação ciência-tecnologia-sociedade e pensamento crítico e criativo: que formação de professores?**

A orientação ciência, tecnologia e sociedade (CTS), na educação em geral, e em particular na educação em ciências, tem sido reconhecida como facilitadora de percursos formativos para uma cidadania mais democrática e sustentável. Pois que contribui para ajudar cada um, por um lado, a lidar com contextos sociais atuais, caracterizados por transformações voláteis, incertas e inéditas, complexas e ambíguas e, ainda, fortemente imersos em tecnologia(s) (Martins, 2020; Vieira e Tenreiro-Vieira, 2016; Tenreiro-Vieira e Vieira, 2020); por outro, a enfrentar o ressurgimento de movimentos autoritários e fascistas (Galamba e Matthews, 2021). Isto, decorrente de atributos e enfoques de uma educação em ciências com orientação CTS, de que são exemplo distintivo: i) desenvolver currículos que enfatuem grandes ideias-chave e explicações da Ciência, abarcando temas de atualidade científica e tecnológica e com relevância social, incluindo questões controversas. Neste quadro, o princípio norteador pode ser enunciado como “menos Ciência e Tecnologia e com mais profundidade, em vez de uma extensa lista de conteúdos e uma abordagem superficial”; ii) privilegiar

abordagens mais holísticas, compreensivas e integradoras, operacionalizando perspectivas de integração curricular, que relevem as interações ciência, tecnologia e sociedade, problematizando a ciência e a tecnologia enquanto atividades humanas, socialmente contextualizadas, que se influenciam mutuamente; iii) proporcionar explícita e intencionalmente múltiplas oportunidades para a (re)construção de conhecimento, o desenvolvimento e mobilização de capacidades e a clarificação de atitudes/valores; iv) diversificar estratégias, atividades e recursos, incluindo ferramentas digitais, orientados para potenciar, fundamentada e explicitamente, a mobilização de saberes na ação pessoal, profissional e social responsável; e v) focar questões e situações-problema, de relevância pessoal, local e global, capazes de suscitar a curiosidade, o interesse e o envolvimento dos estudantes, e da comunidade, em geral, na resolução de problemas, na discussão de questões societais controversas e na tomada de decisão responsável.

Decorrente de tais atributos, emerge a conexão com formas de pensar que abarcam o pensamento crítico e criativo (PCC). Com efeito, conforme investigação realizada (Tenreiro-Vieira e Vieira, 2010, 2011, 2019, 2020, 2021), o PCC está estreitamente ligado à utilização eficaz e racional do conhecimento científico e tecnológico e em diferentes situações e contextos, no quadro de práticas democráticas, a propósito de problemas que afetam a humanidade e nas quais todos devem ter oportunidade de, nomeadamente, avaliar a validade da evidência e a credibilidade de fontes usadas. Deste modo, potencia-se o criar de condições para que tais aprendizagens se tornem úteis e utilizáveis no dia-a-dia, não numa perspetiva meramente declarativa ou instrumental, mas sim numa perspetiva de ação, tendo em consideração preocupações atuais de desenvolvimento sustentável e de uma cidadania esclarecida e atuante e com preocupações e contributos para a melhoria da qualidade de vida de todos. É, pois, um imperativo desocultar e multiplicar, de forma continuada, sistemática e intencional, oportunidades de desenvolvimento e mobilização do PCC no contexto, por exemplo, da discussão de questões societais controversas ou da procura de solução para resolver, ou pelo menos minorar, problemas socialmente relevantes que envolvem a ciência e a tecnologia.

145

Fazê-lo exige investimentos concertados nas diferentes dimensões que podem concorrer para uma efetiva educação com orientação CTS/PCC, capaz de sustentar e fomentar a formação de cidadãos que a complexidade e imprevisibilidade do presente-futuro exige. Uma delas, que configura um elemento-chave, corresponde à formação de professores, seja inicial ou continuada, quer envolva professores do ensino não superior, quer do ensino superior. Se se pretende, de facto, promover o PCC dos estudantes, é imperioso intervir a nível da formação de professores; os envolvidos, mais direta ou indiretamente, em atividades de formação de professores não podem abdicar da sua responsabilidade em facilitar e estimular o potencial de PCC dos estudantes, de forma explícita, intencional, sistemática, mas gradual, desde os primeiros anos de escolaridade. O papel dos professores e outros educadores continua a ser central para promover o pensamento crítico e criativo, em vez da conformidade irrefletida (UNESCO, 2015). Por isso, as instituições de formação de professores devem construir e fornecer respostas formativas alicerçadas na investigação, em termos de formação inicial, bem como de formação continuada em resposta à procura, por parte de professores ou futuros professores, de oportunidades

de formação. De realçar que, situando no contexto do ensino superior, a formação continuada de professores revela-se útil, desde logo, para que os professores possam ter oportunidades de aprendizagem e de desenvolvimento de competências que lhes permitam tornar-se mais intencionais e eficientes nas suas práticas didático-pedagógicas (Leite e Ramos, 2012).

À luz de estudos realizados, no campo da formação de professores, formação inicial (Seabra e Vieira, 2021; Vieira e Tenreiro-Vieira, 2003), formação continuada (Vieira, 2003; Sousa e Vieira, 2021; Tenreiro-Vieira e Vieira, 2005) e na formação de professores do ensino superior (Franco e Vieira, 2019; Vieira, Tenreiro-Vieira e Franco, 2020), centrados na importância da promoção do PCC, em geral, e/ou num contexto CTS, em particular, a formação de professores deve acolher um conjunto de elementos, a transpor para a sala de aula. Em primeiro, deve compreender, enquanto pilar da formação, a (re)construção de conceções e práticas, fomentando a apropriação de referenciais alicerçados na investigação, acerca do PCC, num contexto CTS, em suporte do desenvolvimento de práticas didático-pedagógicas com orientação CTS/PCC.

Em conjugação com o elemento basilar supra explicitado, a formação de professores deve integrar a promoção explícita, intencional e sistemática do PCC, fazendo uso de estratégias com essa orientação deliberada. Congruentemente, um terceiro elemento reporta à construção de recursos e à operacionalização de atividades e cenários de aprendizagem de cariz CTS, incitativos do PCC. Neste quadro, importa considerar a diferenciação e diversificação e maximizar o potencial de diferentes tipos de atividades e de recursos, incluindo ferramentas digitais e ambientes virtuais de ensino e de aprendizagem. Isto, por forma a viabilizar que os futuros professores ou professores em formação possam ganhar confiança e rentabilizar as melhorias digitais e virtuais que estão hoje disponíveis. Deste modo, poder-se-á apoiar e incitar à sua transposição para as salas de aula, não apenas para desafiar os alunos e estimular o seu envolvimento ativo, também para atender às suas características e necessidades tecnológicas.

A operacionalização destes três elementos, que se considera como pilares ou eixo norteadores de uma formação com orientação CTS/PCC, deve colocar os professores ou futuros professores num ambiente colaborativo, incitativo do PCC. Um ambiente marcado pela abertura de espírito, pela honestidade intelectual, onde todos possam colaborar e comunicar, argumentando, contra-argumentando e construindo consensos em direção à resolução de problemas e tomada de decisão para um objetivo/bem comum e significativo.

Foca-se e discute-se, em seguida, com particular acuidade o elemento relativo aos referenciais acerca do PCC. Isto, não só pela relevância da questão em si, mas também porque enquadra, fundamenta e orienta a operacionalização dos outros elementos.

É comum, em diferentes contextos, formais e informais, escritos ou orais, o uso de expressões como “ser crítico”, “ter espírito crítico”, “ser criativo”, “promover o

pensamento crítico”, “promover o pensamento criativo” e “fomentar a criatividade”. É também comum (talvez, ainda mais comum) que, subjacente ao uso de tais expressões estejam ideias difusas, ambíguas até, sobre o significado de cada uma delas, o que implicam e envolvem, o que as aproxima e as distingue. Tal faz sobressair a importância de oportunidades para a (re)construção de concepções e para o desenvolvimento de uma compreensão sobre o que se entende por PCC, fazendo emergir a necessidade de conhecer, compreensivamente, referenciais teóricos acerca do PCC. Como evidenciado por investigação realizada, os esforços encetados para levar os professores a promover o pensamento crítico dos alunos são potenciados se os mesmos tiverem oportunidade para compreender o que se entende por pensamento crítico (Tenreiro-Vieira, 1999; Vieira, 2003, 2018).

Neste campo, têm sido disseminados, na literatura da especialidade, referenciais acerca do pensamento crítico, bem como acerca do pensamento criativo; no entanto, escasseiam os referenciais focados no PCC, fazendo, inclusive, sobressair pontos de confluência entre ambos os tipos de pensamento. São exemplos ilustrativos de teorizações e concetualizações acerca do pensamento crítico as desenvolvidas por Ennis (1987, 1996), um dos pioneiros nesta área e em cujo trabalho têm sido ancoradas diferentes investigações; outros exemplos ilustrativos radicam nos trabalhos de Paul e Helder (2006) e de Halpern (1996). Em relação ao pensamento criativo destacam-se como referenciais concetuais os trabalhos de Torrance (1979), de Lipman (1982) e de de Bono (1985).

Os percursos desenvolvidos pelos autores (Tenreiro-Vieira e Vieira, 2021; Vieira e Tenreiro-Vieira, 2021), em termos de investigação, inovação e formação, em contextos diversificados, sustentam e fundamentam a proposta de referencial para o PCC, conforme esquematização a seguir apresentada e, depois, discutida, com reporte, em particular, a um contexto CTS.

Figura 1. Quadro de referência acerca do PCC



O referencial releva a interdependência de dimensões que consubstanciam e operacionalizam o PCC. Tais dimensões abarcam: i) capacidades de pensamento, crítico e criativo; ii) disposições de pensamento, crítico e criativo; iii) normas, no sentido de critérios de qualidade; e iv) conhecimentos, relacionados com o PCC, mas também com as áreas científicas e as questões em apreço. Relevando que, o pensar crítica e criativamente é uma atividade prática, reflexiva, tais elementos devem ser mobilizados de forma intrincada no contexto da interação com os outros, na resolução de problemas e na tomada de decisão, pessoal, profissional ou sobre questões públicas, designadamente questões que envolvem a ciência e a tecnologia.

Decidir racionalmente o que fazer implica a mobilização de capacidades de pensamento, sendo que, subjacente a tal está o uso de disposições para o fazer, ou seja, para atuar de forma crítica e criativa. A este respeito, é de salientar que enquanto as capacidades de pensamento estão mais ligadas a aspetos cognitivos do PCC, as disposições reportam a aspetos mais afetivos. Focando a atenção nesta última dimensão, Norris e Ennis (1989) clarificam que o termo “disposições” encerra e sintetiza o entendimento de atitudes, comprometimento e tendência para agir criticamente. O conjunto de disposições definem o “espírito crítico”, que é o que motiva ou impulsiona o pensador crítico a aplicar capacidades de pensamento crítico ao seu próprio processo de pensamento crítico e ao dos outros e a impor que o seu processo de pensamento atenda e vá ao encontro de normas referentes ao pensar criticamente.

A permear estas duas dimensões do PCC encontram-se, pois, normas e critérios tendentes a assegurar a qualidade do processo de pensamento, designadamente em contextos e domínios específicos de ciência e tecnologia regidos, eles próprios, também, por critérios. Tais normas ou critérios comuns incluem: a precisão, a clareza, o rigor tendo em conta a situação no seu todo, a consistência, a credibilidade das fontes, o controlo de variáveis e a validade das inferências.

A par disso, e tendo presente que não se pensa racionalmente no vazio, pensar crítica e criativamente requer conhecimentos, desde logo sobre o assunto em apreço, mas também sobre aspetos inerentes à natureza destes dois tipos de pensamento.

Assim, por um lado, é crucial desenvolver os conhecimentos inerentes ao próprio PCC, como os relativos, por exemplo, à distinção entre factos e opiniões e ao que se entende por inferências, falácias, assunções, dados, resultados, conclusões e generalizações. Por outro, a qualidade do pensamento que uma pessoa é capaz de desenvolver sobre determinado assunto, questão ou problema é, em grande parte, determinado pelo conhecimento que se possui, ou se é capaz de gerar, sobre o mesmo. O conhecimento base na área é também um determinante importante para a qualidade do pensamento, sendo central para fazer juízos racionais. Como salienta Ennis (1987), não se pode esperar que alguém que seja ignorante num dado campo seja bom a fazer juízos de valor ou a fazer boas inferências explicativas. Até porque, o contexto em que ocorre o pensamento crítico desempenha um papel importante na determinação do que conta como aplicação racional de normas.

O conhecimento científico e tecnológico é basilar para cada um se poder envolver ou responder a questão(ões) ou problema(s) de ciência e de tecnologia. Relativamente a esta dimensão do PCC, num contexto CTS sobressai uma ênfase em “grandes ideias” e não tanto em factos isolados, bem como um enfoque nas conexões em termos de ideias e conceitos nucleares da mesma área (ciências ou tecnologia), entre estas e entre estas e o mundo real. Dentro desta perspetiva, salienta-se a contextualização histórica e social do conhecimento científico e tecnológico, procurando romper com uma visão da ciência e da tecnologia como atividades desligadas de valores éticos e morais e de interesses e influências sociais e políticas.

Um exemplo ilustrativo acerca da natureza intrincada das dimensões envolvidos no PCC reporta à capacidade de argumentação, que é central na tomada de decisão (Jiménez Aleixandre, 2002; Patronis, Potari e Spiliotopoulou, 1999; Saiz, 2018). As decisões em situações do quotidiano são escolhas racionais construídas com base em critérios desenvolvidos em interação com a avaliação de alternativas geradas, identificadas ou disponíveis. Tal avaliação é, muitas vezes, baseada em valores; mas, apesar dos valores serem uma base importante para fazer juízos de valor, o uso de conhecimento conceptual relevante é necessário de forma a pesar as vantagens e desvantagens de opções disponíveis (Jiménez-Aleixandre, 2002).

Outro exemplo radica nas situações com que cada um é, amiúde, confrontado e que envolvem desinformação, seja em termos de informação falsa, informação intencionalmente criada e disseminada com o propósito de causar dano, seja de informação fabricada ou má informação. Neste contexto, o PCC afigura-se



fundamental para cada um analisar as situações, ajuizar e decidir da razoabilidade da informação, identificando informação falsa ou com incorreções. Nesse sentido, afigura-se particularmente relevante o uso conjugado de disposições, tais como, procurar estar informado, considerar a situação no seu todo e procurar não se desviar do cerne da questão, e de capacidades, de que são exemplo, analisar argumentos, identificar e reagir a falácias, resumir de forma clara um problema ou questão e avaliar a credibilidade de fontes, usando normas ou critérios como, por exemplo, acordo entre as fontes e reputação das fontes. Na análise e avaliação de informação divulgada, usando diferentes meios de comunicação atualmente disponíveis, importa ainda ter presente conhecimento relativo à natureza do próprio pensar crítica e criativamente. De um modo mais específico e a título ilustrativo, destrinçar factos de opiniões alerta para situações de desinformação em que são apresentadas conclusões baseadas em opiniões, ao invés de serem baseadas em evidência científica. Em suma, decorrente da mobilização do PCC cada cidadão poderá lidar mais eficazmente com situações de notícias falsas ou incorretas, seja como utilizador, seja como potencial disseminador de informação, nomeadamente através das redes sociais.

De sublinhar que, um envolvimento racional e esclarecido com questões ou problemas globais que envolvem a ciência e a tecnologia requer conhecimento de suporte e enquadramento das questões-problema em articulação com o uso de capacidades, normas e disposições de PCC. Exemplo disso são as capacidades de pensamento avaliar a credibilidades das fontes; avaliar a evidência disponível e ir além do seu imediato e aparente valor adotando uma perspectiva questionadora; analisar e avaliar argumentos; identificar e reagir a falácias e assunções subjacentes a uma dada posição; produzir muitas alternativas e não usuais, considerar, comparar e pesar alternativas e elaborar a partir de uma alternativa. No mesmo sentido, configuram-se como disposições de relevo, procurar estar bem informado, respeito pelo uso da evidência, ceticismo na avaliação de asserções, honestidade intelectual e abertura de espírito. Tomar posição fundamentada e sustentada sobre questões e problemas de ciência e tecnologia, implica pensar crítica e criativamente de modo a detetar, por exemplo, incongruências na argumentação ou no sentido de suspender a tomada de decisão no caso de haver evidência insuficiente para traçar e sustentar uma conclusão.

O referencial exposto, num contexto de formação, configura uma resposta, alicerçada na investigação (Tenreiro-Vieira e Vieira, 2021; Vieira e Tenreiro-Vieira, 2021), em direção à clarificação de concepções e práticas e à construção de uma visão coerente, consistente e compreensiva acerca do PCC, suporte de ações deliberadas e fundamentadas para a promoção do PCC. Nesse sentido, na abordagem do referencial e na exploração das diferentes dimensões relativas ao PCC, importa usar e explicitar estratégias de ensino e de aprendizagem que, quando orientadas para a promoção do Pensamento Crítico, se têm revelado particularmente eficazes (Vieira, Moreira e Tenreiro-Vieira, 2016; Vieira e Tenreiro-Vieira, 2016).

Dentro da mesma perspetiva, a par de estratégias orientadas para o PCC, os futuros professores ou os professores em formação devem ser envolvidos em atividades que apelem, explicitamente, ao PCC. Tais atividades configuram oportunidade de complementar espaços de discussão, partilha e colaboração entre os professores



(Lopes, 2012) de modo a “favorecer a partilha e (re)construção de concepções e práticas para a resolução de problemas ou preocupações e dificuldades comuns” (Vieira, 2018, p. 23). Nesse sentido, e com o objetivo de incitar os professores participantes ou futuros professores a desenvolverem o seu potencial de PCC, podem e devem ser criadas comunidades de prática e de aprendizagem. Por esta vida, podem ser desmultiplicadas oportunidades para fomentar disposições como, por exemplo, procurar estar bem informado, procurar razões e ter abertura de espírito, bem como capacidades como argumentar e contra-argumentar. Fazê-lo assume relevância acrescida, porquanto permite vivenciar situações incitativas do PCC passíveis de serem transferidas para a sala de aula. Acresce a relevância de cada um agir mobilizando o seu potencial de PCC, pois que, como salientam diferentes autores (Tenreiro-Vieira, 1999; Sousa e Vieira, 2021), as oportunidades para estimular e promover o PCC dos estudantes podem ser comprometidas se o professor não usar ele próprio o seu potencial de PCC. De facto, é pouco verosímil e, no mínimo, contraditório, por parte do professor, exigir aos alunos o uso de capacidades de pensamento crítico se ele próprio não o fizer. Como destacam alguns autores, os alunos detetam a inconsistência entre o que o professor verbaliza como comportamento ideal e aqueles que demonstra (Costa e Lowery, 1989).

Com base nesta concetualização e dos contributos da investigação que tem sido realizada pelos mesmos investigadores e outros que têm integrado a sua equipa, por exemplo em projetos de pós-Doutoramento, incluindo de várias outros países, como o Brasil, salientam-se os atributos necessários para a promoção do PCC, nomeadamente em contexto CTS, que Vieira (2018) resume com base no acrónimo PIGES: principiar, o mais cedo possível; intencionalmente, adotando para tal uma concetualização como a acima proposta; gradualmente e de acordo com o potencial e contextos dos aprendentes; explicitamente, identificando as dimensões a promover; e sistematicamente, desde os primeiros anos de escolaridade e ao longo da vida.

151

### **Considerações finais**

Os contextos educativos atuais e que se afiguram no futuro próximo continuam (talvez como nunca antes em face da evolução vertiginosa da ciência e da tecnologia) complexos e voláteis, mas também desafiantes. Um deles prende-se com a evidência que a proposta concetual para uma orientação CTS/PCC, que aqui se apresenta e discute, em termos de abordagem e exploração num contexto de formação de professores. Isto, relevando a sua importância para o desenvolvimento de práticas didático-pedagógicas promotoras do PCC dos estudantes, que se tem verificado possível e assumido como desejável, desde os primeiros anos de escolaridade. Nesse sentido, importa ampliar a investigação em termos de estratégias, atividades e recursos, incluindo digitais, onde se incluem as comunidades de aprendizagem e prática (CAP), designadamente online.

A finalizar, uma educação CTS/PCC, capaz de sustentar a formação de cidadãos de adequada e eficazmente mobilizar saberes em ação a favor da construção de sociedades mais plurais, humanistas e sustentáveis, implica, por parte de toda a comunidade educativa, comunicação, colaboração, uma abertura de espírito e o

respeito, no qual todos têm o direito de, com civilidade, questionarem e exigirem razões. Subjacentemente, a humildade e honestidade intelectuais são cruciais, por um lado, para reconhecer a falibilidade de posições pessoais e o ser propenso a suspender juízos na ausência de evidência lógica de suporte a determinadas decisões e, por outro, o tentar convencer os outros, incluindo os alunos, da plausibilidade de uma posição, em vez de insistir para que a aceitem com base no apelo à tradição e/ou à autoridade.

## **Financiamento**

Este trabalho é financiado por Fundos Portugueses através da FCT – Fundação para a Ciência e a Tecnologia, I.P., no âmbito do projeto UIDB/00194/2020.

## **Referências bibliográficas**

Costa, A. e Lowery, L. (1989). *Techniques for teaching thinking*. Midwest Publications.

de Bono, E. (1985). *The CoRT thinking program*. Em A. L. Costa (Ed.), *Developing minds: A resource book for teaching thinking*. Association for Supervision and Curriculum Development.

Direção Geral da Educação (2017). *Estratégia Nacional de Educação para a Cidadania*. Disponível em: <https://www.dge.mec.pt/estrategia-nacional-de-educacao-paracidadania?fbclid=IwAR2C42HWrfxJmBTH8D5GuoaSPcQTM15SPfzAek6xZt8QdkzBsuGY005-QA>.

Direção Geral da Educação (2017). *Aprendizagens essenciais*. Disponível em: [https://www.dge.mec.pt/sites/default/files/Curriculo/Aprendizagens\\_Essenciais](https://www.dge.mec.pt/sites/default/files/Curriculo/Aprendizagens_Essenciais).

Ennis, R. H. (1987). *A taxonomy of critical thinking dispositions and abilities*. Em J. B. Baron e R. J. Sternberg (Eds.), *Teaching thinking skills: Theory and practice*. Freeman and Company.

Ennis, R. H. (1989). *Critical thinking and subject specificity: Clarification and needed research*. *Educational Researcher*, 18(3), 4-10.

Ennis, R. H. (1996). *Critical thinking*. Prentice Hall.

Franco, A. e Vieira, R. M. (2019). *O pensamento crítico na formação de professores: Uma proposta para o ensino superior [Critical thinking in teacher education: A proposal for higher education]*. Em P. M. Iglesia (Ed.), *Proceedings of the IV International Symposium of Science Teaching*.

Galamba, A. e Matthews, B. (2021). Science education against the rise of fascist and authoritarian movements: towards the development of a pedagogy for democracy. *Cultural Studies of Science Education*. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11422-020-10002-y>.

Halpern, D. F. (1996). *Thought and knowledge: An introduction to critical thinking*. Lawrence Erlbaum Associates.

Jiménez-Aleixandre, M. P. (2002). Knowledge producers or knowledge consumers? Argumentation and decision making about environmental management. *International Journal of Science Education*, 24(11), 1171-1190.

Leite, C. e Ramos, K. (2012). Formação para a docência universitária: uma reflexão sobre o desafio de humanizar a cultura científica. *Revista Portuguesa de Educação*, 25(1), 7-27.

Lipman, M. (1982). *Philosophy for children*. *Thinking*, 3, 35-44.

Martins, I. (2020). Revisitando orientações CTS/CTSA na educação e no ensino das ciências. *Revista APEDUC*, 1(1), 13-29. Disponível em: <https://apeduc revista.utad.pt/index.php/apeduc/article/view/63/1>.

Martins, O. et al. (2017). Perfil dos Alunos à Saída da Escolaridade Obrigatória. Disponível em: <http://hdl.handle.net/10400.26/22377>.

153

Lopes, S. (2012). *Web 2.0, PC e EFA: Impactes de uma oficina de formação de Professores* [Tese de doutoramento não publicada]. Universidade de Aveiro.

Nações Unidas (2018). *Guia para o Desenvolvimento Sustentável – 17 objetivos para transformar o nosso mundo*. Centro de Informação Regional das Nações Unidas para a Europa Ocidental. Disponível em: [https://unric.org/pt/wp-content/uploads/sites/9/2019/01/SDG\\_brochure\\_PT-web.pdf](https://unric.org/pt/wp-content/uploads/sites/9/2019/01/SDG_brochure_PT-web.pdf).

Organização das Nações Unidas (2015). *Agenda 2030 – Objetivos de desenvolvimento sustentável*. Disponível em: <https://sustainabledevelopment.un.org/post2015/transformingourworld>.

Patronis, T., Potardi, D. e Spiliotopoulou, V. (1999). Students' argumentation in decision-making on a scientific issue: Implications for teaching. *International Journal of Science Education*, 21(7), 745-754.

Paul, R. e Elder, L. (2006). *Critical Thinking: The Nature of Critical and Creative Thought*. *Journal of Developmental Education*, 30(2), 34-35.

Saiz, C. (2018). *Pensamiento crítico y eficacia*. Ediciones Pirámide.

Seabra, M. e Vieira, R. M. (2021). Formação inicial de professores do ensino básico em didática das ciências: Suas implicações nas conceções e práticas. *Revista Enseñanza*

de las Ciencias, Actas electrónicas do XI Congreso Internacional en Investigación en Didáctica de las Ciencias 2021. Aportaciones de la educación científica para un mundo sostenible, 675-678. Disponível em: [https://congresoenseciencias.org/wp-content/uploads/2021/09/Actas-Electronicas-del-XI-Congreso\\_compressed.pdf](https://congresoenseciencias.org/wp-content/uploads/2021/09/Actas-Electronicas-del-XI-Congreso_compressed.pdf).

Sousa, A. S. e Vieira, R. M. (2021). Promoting Critical and Creative Thinking in Science Education: A Proposal for an Inservice Teacher Education Programme. Em J. C. Sanders (Ed.), *Perspectives on Critical Thinking* (51-86). Nova Science Publishers.

Tenreiro-Vieira, C. (1999). A influência de programas de formação focados no pensamento crítico nas práticas de professores de ciências e no pensamento crítico dos alunos [Tese de doutoramento não publicada]. Universidade de Lisboa.

Tenreiro-Vieira, C. e Vieira, R. M. (2005). Construção de práticas didáctico-pedagógicas com orientação CTS: Impacto de um programa de formação continuada de professores de ciências do ensino básico. *Ciência & Educação*, 11(2), 191-211.

Tenreiro-Vieira, C. e Vieira, R. M. (2010). Desenvolvimento de materiais didácticos CTS/PC para a educação em ciências e em matemática numa perspectiva de literacia. Comunicação apresentada em Sessão Coordenada no II Seminário Ibero-americano Ciência-Tecnologia-Sociedade no Ensino das Ciências (VI Seminário Ibérico CTS no Ensino das Ciências). Universidade de Brasília.

154 Tenreiro-Vieira, C. e Vieira, R. M. (2011). Educação em ciências e em matemática numa perspectiva de literacia: desenvolvimento de materiais didácticos CTS / Pensamento Crítico (PC). Em W. dos Santos e D. Auler (Orgs.), *CTS e educação científica: desafios, tendências e resultados de pesquisas* (417-437). Editora Universidade de Brasília.

Tenreiro-Vieira, C. e Vieira, R. M. (2019). Abordagem de temas do currículo de ciências do ensino básico num quadro EDS com orientação Ciência-Tecnologia-Sociedade / Pensamento Crítico. *Indagatio Didactica*, 11(2), 895-914. Disponível em: <http://revistas.ua.pt/index.php/ID/article/view/12362/10010>.

Tenreiro-Vieira, C. e Vieira, R. M. (2020). Promover o Pensamento Crítico em Contextos CTS: Desenvolvimento de Propostas Didáticas para o Ensino Básico. *Indagatio Didactica*, 12(4), 471-484. DOI: <https://doi.org/10.34624/id.v12i4.21823>.

Tenreiro-Vieira, C. e Vieira, R. M. (2021). Promover o Pensamento Crítico e Criativo no Ensino das Ciências: Propostas didáticas e seus contributos em alunos Portugueses. *Revista Investigações em Ensino de Ciências*, 26(1), 70-84. DOI: <http://dx.doi.org/10.22600/1518-8795.ienci2021v26n1p70>.

Torrance, E. P. (1979). *The search for satori & creativity*. Creative Education Foundation.

Vieira, R. M. (2003). Formação Continuada de Professores do 1º e 2º Ciclos do Ensino Básico para uma Educação em Ciências com Orientação CTS/PC [Tese de doutoramento em didáctica]. Universidade de Aveiro.

Vieira, R. M. (2018). Didática das Ciências para o Ensino Básico. Sílabas e Desafios.

Vieira, R. M., Franco, A. e Tenreiro-Vieira, C. (2019). Qual a relevância do pensamento crítico no mundo atual? Em H. Sá e S. Ambrósio (Orgs.), *H(à) Educação – Rubricas de 2018* (27-28). Editora Universidade de Aveiro. Disponível em: <http://hdl.handle.net/10773/25350>.

Vieira R. M., Moreira L. F. e Tenreiro-Vieira C. (2016). Promoting science-technology-society/critical thinking orientation in basic education. Em C. Vasconcelos (Ed.), *Geoscience Education: Indoor and Outdoor* (195-205). Springer International Publishing.

Vieira, R. M. e Tenreiro-Vieira, C. (2003). A formação inicial de professores e a didática das ciências como contexto de utilização do questionamento orientado para a promoção de capacidades de pensamento crítico. *Revista Portuguesa de Educação*, 16(1), 231-252.

Vieira, R. M. e Tenreiro-Vieira, C. (2016). Fostering scientific literacy and critical thinking in elementary science education. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 13(61), 659-680. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s10763-014-9605-2>.

Vieira, R. M. e Tenreiro-Vieira, C. (2021). Pensamento Crítico e Criativo na Educação em Ciências: percursos de investigação e proposta de referencial. Em N. Kiouranis, R. M. Vieira, C. Tenreiro-Vieira e V. Calixto (Orgs.), *Pensamento crítico na educação em ciências* (17-42). Editora Livraria da Física.

155

### **Como citar este artigo**

Tenreiro-Vieira, C. e Vieira, R. M. (2022). Pensamento crítico e criativo para uma educação ciência-tecnologia-sociedade. *Revista Iberoamericana de Ciencia, Tecnología y Sociedad –CTS*, 17(51), 141-155. Disponível em: [inserte URL]



**Ciência cidadã e educação CTS/CTSA:  
perspectivando contributos, desafios e oportunidades**

**Ciencia ciudadana y educación CTS/CTSA:  
mirando aportes, desafíos y oportunidades**

***Citizen Science and STS/STSE Education:  
Considering Contributions, Challenges and Opportunities***

**Carla Morais \***

A ciência cidadã, que permite o envolvimento dos alunos e dos seus professores em iniciativas científicas autênticas que decorrem em contextos do mundo real, pode constituir-se como uma via de promoção da educação em ciências de orientação CTS/CTSA, permitindo que o aluno compreenda a ciência e as práticas de investigação científica e as aplique na resolução de questões ambientais reais em colaboração com cientistas, com os seus professores e com a comunidade alargada. Neste artigo procura-se apresentar uma caracterização da ciência cidadã, enquanto forma de envolver os cidadãos, incluindo jovens alunos, nos processos de investigação científica autênticos, desenvolvidos para endereçar temas e questões sociocientíficos e problemas emergentes e que são realizados de forma participativa e com potencial alcance à escala global. Pretende-se igualmente refletir sobre o potencial contributo da ciência cidadã para a concretização do objetivo da educação CTS/CTSA que reside na utilização de experiências do mundo real dos alunos que lhes permitam explorar as interfaces entre a ciência e o mundo social capacitando-os para compreender e atuar no meio em que se inserem. Neste âmbito, procura-se ainda refletir sobre as potencialidades e os desafios da integração da ciência cidadã em contextos formais e não-formais de educação em ciências.

157

**Palavras-chave:** ciência cidadã; investigação científica; participação social; educação CTS/CTSA; questões sociocientíficas

---

\* Doutorada e agregada em ensino e divulgação das ciências pela Faculdade de Ciências da Universidade do Porto, Portugal, é professora auxiliar com agregação e membro da Unidade de Ensino das Ciências nessa faculdade. É também membro integrado do Centro de Investigação em Química da Universidade do Porto (CIQUP – RG5: Educação, Comunicação de Ciência e Sociedade). Está envolvida na dinamização de cursos de formação contínua de professores e é coautora de manuais escolares, de livros de divulgação científica e de software educativo para o ensino da química e da física. As suas áreas de interesse incluem desenvolvimento profissional e práticas pedagógicas de professores de física e química, modelos e processos de divulgação do conhecimento científico e envolvimento e participação dos cidadãos na ciência, ecologias tecnológicas e digitais no ensino e na divulgação das ciências. Correio eletrónico: cmorais@fc.up.pt.

La ciencia ciudadana, que permite involucrar a los estudiantes y sus docentes en iniciativas científicas auténticas que tienen lugar en contextos del mundo real, constituye una forma de promover la educación en ciencias con una orientación CTS/CTSA al estimular al estudiante a comprender la ciencia y las prácticas de investigación científica y aplicarlas para resolver problemas ambientales en colaboración con científicos, maestros y la comunidad en general. Este artículo presenta una caracterización de la ciencia ciudadana como una forma de involucrar a los ciudadanos, incluidos los jóvenes estudiantes, en auténticos procesos de investigación científica, desarrollados para abordar temas y problemas sociocientíficos y problemas emergentes, y que se llevan a cabo de forma participativa y con potencial alcance global. También se pretende reflexionar sobre la potencial contribución de la ciencia ciudadana al logro del objetivo de la educación CTS/CTSA, que radica en el uso de las experiencias del mundo real para que los estudiantes puedan explorar las interfaces entre la ciencia y el mundo social y se capaciten para comprender el entorno en el que operan. En este contexto, también buscamos reflexionar sobre las potencialidades y los desafíos de la integración de la ciencia ciudadana en los contextos formales y no formales de la educación científica.

**Palabras clave:** ciencia ciudadana; investigación científica; participación social; educación CTS/CTSA; problemas sociocientíficos

*Citizen science, which allows the involvement of students and their teachers in authentic scientific initiatives that take place in real-world contexts, constitute a way of promoting science education with a STS/STSE orientation, by helping the student to understand science and scientific research practices and to apply them to solve real environmental issues, in collaboration with scientists, teachers and the wider community. This article presents a characterization of citizen science as a way of involving citizens, including young students, in scientific research processes, developed to address socio-scientific issues and emerging problems and carried out in a participatory way and with potential reach on a global scale. It also reflects on the potential contribution of citizen science to the achievement of the main objective of STS/STSE education, which lies in the use of real-world experiences that allow students to explore the interfaces between science and the social world and to enable them to understand and act in the environment in which they operate. Finally, it seeks to reflect on the potential and challenges of the integration of citizen science in formal and non-formal contexts of science education.*

**Keywords:** citizen science; scientific research; social participation; STS/STSE education; socio-scientific issues



## Introdução

O documento “Futuro da Educação e Competências 2030 – Bússola de Aprendizagem 2030” (OCDE, 2018) sublinha a importância de uma educação adaptativa e holística, em contextos formais e não-formais, como forma de responder às rápidas mudanças que a sociedade enfrenta. Como grande objetivo de aprendizagem do século XXI, é sublinhada a necessidade de pensar e agir de forma responsável, para o bem-estar coletivo, com base no conhecimento, em atitudes, valores e competências. Assim, a “Bússola 2030” é composta por sete elementos indissociáveis e complementares, a saber: 1. fundamentos essenciais; 2. competências transformadoras; 3. sentido de agência dos alunos; 4. conhecimento; 5. aptidões; 6. atitudes e valores; 7. ciclo antecipação-ação-reflexão. Destacam-se, em particular, os elementos:

2. *Competências transformadoras.* São referidas três competências transformadoras: i) “criar novo valor” para uma vida melhor, questionando o *status quo*, cooperando e pensando de modo criativo; ii) “conciliar tensões e dilemas”, resolvendo problemas complexos, aprofundando e equilibrando as próprias posições com posições opostas e cultivando relações de respeito e empatia; iii) “assumir responsabilidades”, avaliando as próprias ações com base na sua experiência e nos objetivos éticos da educação (OCDE, 2018, p. 60).
3. *Sentido de agência dos alunos.* Sempre que os alunos são ativos no que aprendem e como aprendem, aumenta o seu gosto por aprender a aprender e produz benefícios na própria vida e na vida da comunidade, sendo reforçado o seu sentido de realização e pertença. Neste âmbito, o conceito de agência dos alunos é, assim, entendido como a capacidade de definir um objetivo, refletir e agir de forma responsável com o intuito de realizar uma determinada mudança. Para além de serem responsáveis pela própria aprendizagem, os alunos são considerados agentes de mudança do sistema educativo e da sociedade (OCDE, 2018, p. 32).
7. *Ciclo antecipação-ação-reflexão.* É importante que as ações praticadas sejam intencionais e responsáveis e, por isso, é necessário antecipar antes de agir, prevendo as consequências e compreendendo as próprias intenções, bem como as intenções dos outros e, depois, refletir sobre a ação praticada, tornando mais eficiente o pensamento e a ação (OCDE, 2018, p. 118).

159

Um outro documento da OCDE (2018), “O futuro da educação e competências: Educação 2030”, enfatiza que, para que os alunos desempenhem um papel ativo em todas as dimensões da vida, terão de navegar pela incerteza, através de uma grande variedade de contextos: no tempo (passado, presente, futuro), no espaço social (família, comunidade, região, país e mundo) e no espaço digital. Também terão de se envolver com o mundo natural, para perceber como se constrói o conhecimento sobre o mundo que nos rodeia e apreciar a sua fragilidade, complexidade e valor.

No caso particular da educação científica, destaca-se a importância de envolver os alunos numa ação responsável e fortemente contextualizada, estimulando a sua participação em situações reais, promotoras de aprendizagens relevantes e

significativas para a vida, isto é, uma educação científica que permita aos alunos aprender de forma significativa e contextualizada, enquanto participam de forma responsável em atividades do cotidiano, em sociedade, com a mobilização dos conhecimentos científicos para a ação. A participação em práticas relevantes para a comunidade, através da realização de investigações científicas (tanto dentro como fora da escola) e do envolvimento em ação social e ambiental, reforça a percepção da relevância da escola para a vida (Aristeidou e Herodotou, 2020; Reis *et al.*, 2020; Roche *et al.*, 2020). As abordagens no ensino das ciências orientadas para a investigação parecem ser as mais adequadas à promoção desta perspectiva de educação para a literacia científica assente no recurso à interdisciplinaridade dos saberes e à abordagem de situações-problema em contextos reais.

A educação em ciências de orientação ciência-tecnologia-sociedade/ciência-tecnologia-sociedade-ambiente (CTS/CTSA) procura abordar temas e conceitos de ciência e tecnologia inseridos em contextos reais, sociais e ambientais, dando, assim, sentido funcional aos conceitos canónicos. A educação em ciências deve ajudar a distinguir ciência de tecnologia e a compreender as suas inter-relações. Uma forma de o conseguir será fazendo um ensino integrado de ciência e tecnologia, enfatizando as estreitas relações existentes entre ambiente físico e fatores sociais e culturais. Selecionar temas geradores de controvérsias para exploração nas aulas de ciências, analisando argumentos a favor e contra, promover a participação dos alunos e da comunidade nos processos de investigação científica autênticos, através do seu envolvimento em projetos de ciência cidadã, serão formas de desenvolver a capacidade de tomar decisões e, por conseguinte, influenciar medidas políticas a implementar.

160

Neste artigo começa por se apresentar algumas considerações sobre as orientações CTS/CTSA na educação em ciências, seguindo-se depois a referência às abordagens orientadas para a investigação, no âmbito das quais se destaca o caso da ciência cidadã. Na sequência – e tendo por base o trabalho de investigação e de prática que se tem vindo a desenvolver sobre a temática da ciência cidadã (Araújo *et al.*, 2021; Araújo *et al.*, 2022a; Araújo *et al.*, 2022b; Costa *et al.*, 2021; Costa *et al.*, 2022; Morais, 2022) – apresenta-se uma reflexão sobre os contributos e desafios da integração da ciência cidadã na educação em ciências, bem como algumas recomendações para potenciar esta integração. O artigo termina com algumas considerações que procuram sistematizar o potencial contributo da ciência cidadã para a concretização do objetivo da educação CTS/CTSA.

## 1. Orientações CTS/CTSA na educação em ciências

Como refere Martins (2020), “os programas escolares tradicionais, focados na ciência canónica, tornaram-se, aos olhos dos alunos, cada vez mais desmotivantes, porque apresentavam uma ciência fechada e dogmática, distante dos seus interesses” (p. 19). Nas palavras de Latour (1987), a educação tende a enfatizar a “ciência pronta” (*ready-made science* – com todas as mensagens implícitas sobre a certeza) em vez da “ciência em construção” (*science-in-the-making* – com ênfase na construção social do conhecimento científico).

A partir da década de 70 do século XX, começaram a surgir projetos com a intenção de organizar currículos, definir estratégias e conceber recursos didáticos capazes de apoiar uma nova orientação a dar ao ensino formal das ciências: a orientação ciência-tecnologia-sociedade (CTS), posteriormente expandida para ciência-tecnologia-sociedade-ambiente (CTSA), para reconhecer e dar mais ênfase às preocupações ambientais, e depois ainda expandida para incluir as oportunidades para os alunos serem confrontados com questões sociocientíficas, muitas vezes de natureza controversa (Hodson, 2020).

Durante a década seguinte, a iniciativa CTS – particularmente por meio do trabalho influente de Glen Aikenhead e Joan Solomon (sendo que a compreensão das múltiplas inter-relações CTS tem vindo a mobilizar académicos e investigadores em vários pontos do mundo) – procurou promover uma mudança substancial no ensino de ciências. Com efeito, o objetivo da educação CTS/CTSA reside na utilização de experiências do mundo real dos alunos que lhes permitam explorar as interfaces entre a ciência e o mundo social com o objetivo de os capacitar para compreender temas e questões sociocientíficas, formular visões próprias e pontos de vista sobre essas questões, reconhecer as forças sociais, políticas e económicas que influenciam as atividades científicas e tecnológicas, tomar decisões informadas e responsáveis, bem como atuar no meio em que se inserem (Hodson, 2003, 2020; Pedretti e Nazir, 2011). Estamos perante um contexto para a aprendizagem aprimorada de ciências, de carácter mais humanista, capacitando os alunos para a intervenção cidadã consciente e informada, necessária nas sociedades democráticas (Hodson, 2020; Martins, 2020). Usar questões sociocientíficas controversas como base para a consideração individual e a interação de grupo fornece um ambiente onde os alunos poderão desenvolver o seu pensamento crítico e o seu sentido ético e moral. Será relevante que as controvérsias sociocientíficas reais, sejam seleccionadas de acordo com as características-chave identificadas por Ratcliffe e Grace (2003): i) terem uma base científica, frequentemente nas fronteiras do conhecimento científico, onde os dados e as evidências podem ser incompletos, conflituantes ou confusos; ii) envolvam a formação de opiniões e a tomada de decisões a nível pessoal e social; além de tratarem de questões locais, nacionais e/ou globais, com implicações políticas e sociais concomitantes; iii) envolvam alguma análise de custo-benefício em que probabilidade e risco interagem com valores; e iv) possam ter destaque na comunicação social.

Importa ainda referir a crucialidade de no processo de formação inicial e continua de professores de ciências se discutirem temas e questões sociocientíficas, com a análise de exemplos concretos e a vivência de experiências, potenciadas pela necessária reflexão e debate sobre as orientações CTS/CTSA, uma vez que a integração desta abordagem nas práticas pedagógicas dos professores requer preparação em questões sociais, éticas, políticas e ambientais que, embora relacionados com o conhecimento disciplinar típico da ciência, transcende esse cenário e exige trabalho colaborativo com outros professores e profissionais (Marandino *et al.*, 2019).

## 2. Abordagens orientadas para a investigação: o caso da ciência cidadã

Tal como enfatizado no documento “*PISA 2015 results (volume II): Policies and practices for successful schools*” (OCDE, 2016), na educação em ciências, as atividades investigativas referem-se ao envolvimento dos alunos na experimentação e nas atividades *hands-on* e também no desafio e encorajamento dos alunos a desenvolver uma compreensão conceptual das ideias científicas. Com esta abordagem é esperado que os alunos compreendam, expliquem e debatam ideias científicas, planifiquem e conduzam experiências e comuniquem os seus resultados, relacionando as suas ideias científicas e a investigação com os problemas da vida real. Barron e Darling-Hammond (2010) fizeram uma revisão das evidências da investigação empírica da qual ressaltam três conclusões particularmente importantes: i) os alunos aprendem mais profundamente quando podem aplicar o conhecimento obtido em sala de aula a problemas do mundo real; as abordagens baseadas em investigação são formas importantes de estimular a comunicação, a colaboração, a criatividade e o pensamento crítico; ii) a aprendizagem baseada em investigação depende da aplicação de avaliações bem elaboradas, tanto para definir as tarefas de aprendizagem quanto para avaliar o que foi aprendido; iii) o sucesso das abordagens de investigação tende a ser altamente dependente do conhecimento e das competências dos professores que as implementam. Se essas abordagens são mal compreendidas e confundidas com abordagens não estruturadas, os seus potenciais benefícios são substancialmente reduzidos.

162

O envolvimento, a preparação e a realização de ações relacionadas com questões sociocientíficas, relaciona-se, como refere Hodson (2020), com “aprender sobre a ação” e “aprender por meio da ação”. “Aprender sobre a ação” tem o objetivo de aprender as competências e estratégias da ação sociopolítica por meio de filmes, biografias, estudos de caso e simulações, dramatizações e reconstruções dramáticas. “Aprender por meio da ação” compreende o envolvimento direto em projetos orientados para a ação fora da sala de aula, ações que podem ser tomadas a nível individual, de grupo e da comunidade, para influenciar políticas e práticas que provavelmente terão resultados e consequências tangíveis. Esta possibilidade de envolvimento dos alunos numa ação coletiva, baseada em conhecimento científico, tendo em vista a resolução de problemas sociocientíficos, está sobejamente alinhada com o quadro de “Investigação e Inovação Responsáveis” que emanou da Comissão Europeia (2014). A “Investigação e Inovação Responsáveis” procura que os atores sociais (investigadores, cidadãos, decisores políticos, empresas, organizações etc.) trabalhem em conjunto na co-construção de todo o processo de investigação e inovação, para alinhar melhor este processo e os seus resultados com os valores, necessidades e expectativas da sociedade civil.

A ciência cidadã – entendida como uma forma de envolvimento e colaboração que envolve o público na investigação científica para resolver problemas do mundo real (Comissão Europeia, 2021) – tem permitido vários níveis de acesso e envolvimento da sociedade civil com a ciência e com o processo de construção do conhecimento científico: “desde o aumento do conhecimento público sobre a ciência, incentivando os cidadãos a participar no processo científico, observando, recolhendo e analisando dados, até à definição da agenda científica, conceção e implementação de políticas

relacionadas com a ciência” (Comissão Europeia, 2020, p. 40), sendo uma abordagem “aplicável em todas as disciplinas científicas, a par com uma variedade de tradições disciplinares e métodos de investigação” (ECSA, 2020, p. 3).

A ciência cidadã é também um campo em rápida expansão da “Ciência Aberta”, que visa tornar a ciência mais acessível a todos, e que permitirá fortalecer a posição da ciência na sociedade, através da traslação do conhecimento científico para a sociedade, o que, por sua vez, reforçará o impacto social da investigação e concorrerá para a sua valorização e reconhecimento. A este propósito a UNESCO promoveu um grandioso processo de construção coletiva de uma “Recomendação para a Ciência Aberta” (International Science Council, 2021), enfatizando a relevância da ciência cidadã neste intento.

### 3. Ciência cidadã: origem e definição

O termo “ciência cidadã” refere-se a um vasto conjunto de práticas de investigação desenvolvidas num número crescente de áreas de conhecimento (maioritariamente, nas áreas do ambiente, biodiversidade, saúde e astronomia) e caracterizadas pela participação ativa dos cidadãos em algumas ou várias fases do processo de investigação (Eitzel *et al.*, 2017; Pelacho *et al.*, 2021). A ciência cidadã tem antecedentes na necessidade de recolher informação de forma regular sobre o mundo natural. Miller-Rushing *et al.* (2012) apontam profundas tradições históricas relativas à recolha sistemática de observações e informações por parte dos cidadãos, incluindo registos milenares que documentam fenómenos naturais ao longo do tempo. Por exemplo, os viticultores, em França, têm vindo a registar dias de colheita de uvas há mais de 650 anos (Chuine *et al.*, 2004), enquanto os diaristas da corte em Quioto, no Japão, têm vindo a registar datas do tradicional festival da flor de cerejeira há mais de 1200 anos (Primack *et al.*, 2009). Na China, os cidadãos têm acompanhado surtos de gafanhotos há pelo menos 3500 anos (Tian *et al.*, 2011). Nos Estados Unidos, entre os mais antigos conjuntos de dados, estão registos mantidos por agricultores e organizações agrícolas que documentam o calendário de importantes eventos agrónomicos, como as sementeiras, as colheitas e os surtos de pragas (NASSEM, 2018).

As definições, classificações e terminologia da ciência cidadã permanecem ainda com um certo grau de abertura, refletindo que a ciência cidadã é um fenómeno em evolução (Pelacho *et al.*, 2021). O conceito de “ciência cidadã” é muitas vezes atribuído a duas fontes distintas (Hecker, Haklay *et al.*, 2018). Em 1995, Alan Irwin usou o termo para se referir a uma abordagem onde os objetivos de investigação foram colaborativamente determinados por cientistas e pelo público, no Reino Unido (Irwin, 1995). Por volta da mesma altura, Rick Bonney (1996) começou a usar o mesmo termo para se referir a numerosos projetos no Laboratório de Ornitologia da Universidade de Cornell, nos Estados Unidos, que envolveu membros do público na investigação sobre as aves. Muitas definições têm surgido desde então, com vários graus de alinhamento a estas raízes iniciais (Eitzel *et al.*, 2017; Haklay *et al.*, 2020). Especialmente notáveis são as definições avançadas pelos documentos governamentais e por outros órgãos políticos, científicos ou sociais com relevância na área, das quais se destacam as apresentadas na **Tabela 1**.

**Tabela 1. Algumas definições de ciência cidadã**

Entidade	Definição de ciência cidadã
Comissão Europeia (2020)	A ciência cidadã [...] abrange uma série de diferentes níveis de participação: desde o aumento do conhecimento público sobre a ciência, incentivando os cidadãos a participar no processo científico, observando, recolhendo e analisando dados, até à definição da agenda científica, conceção e implementação de políticas relacionadas com a ciência.
UNESCO (2021)	A participação na ciência cidadã tem-se desenvolvido como investigação científica conduzida por cientistas não profissionais, seguindo metodologias cientificamente válidas e frequentemente realizadas em associação com programas formais, científicos ou com cientistas profissionais, com plataformas e redes sociais, baseadas na web, bem como com <i>hardware</i> e <i>software</i> de código aberto (especialmente sensores de baixo custo e aplicações móveis) como agentes importantes de interação.
OCDE (2017)	No cerne do processo científico, [a ciência cidadã] refere-se a pessoas, que não são cientistas profissionais, que participam na investigação, ou seja, co-produzem conhecimento científico. Isto envolve colaborações entre o público e investigadores/institutos, mas também envolve governos e agências de financiamento.
Rede Portuguesa de Ciência Cidadã (2022)	A ciência cidadã consiste no envolvimento dos cidadãos em atividades de investigação científica, para as quais contribuem ativamente com o seu esforço intelectual, com o seu conhecimento, ou com as suas ferramentas e recursos.
Associação Europeia de Ciência Cidadã (ECSA, 2022)	A ciência cidadã é um termo “guarda-chuva” que descreve uma variedade de formas pelas quais o público participa na ciência. As principais características são: 1) os cidadãos estão ativamente envolvidos na investigação, em parceria ou colaboração com cientistas ou profissionais; e 2) existe um resultado genuíno, como novos conhecimentos científicos, ação de conservação ou mudança de políticas.
Associação Australiana de Ciência Cidadã (ACSA, 2022)	A ciência cidadã é a recolha e análise de dados científicos provenientes do mundo natural, realizada predominantemente por cidadãos, geralmente em colaboração com cientistas e especialistas de campo. Os cidadãos trabalham com cientistas para atingir objetivos científicos.
Associação de Ciência Cidadã (EUA, CSA, 2022)	A ciência cidadã é o envolvimento do público na investigação científica – seja investigação orientada para a comunidade ou investigações globais. A Associação de Ciência Cidadã reúne conhecimentos de educadores, cientistas, gestores de dados e outros para potenciar a ciência cidadã.
NASA (2022)	Os projetos científicos da NASA são colaborações entre cientistas e membros interessados do público. Através destas colaborações, voluntários (conhecidos como cientistas cidadãos) ajudaram a fazer milhares de importantes descobertas científicas.

No âmbito desta publicação, consideramos a definição de ciência cidadã com base em cinco características principais: “participação pública”, “contribuições voluntárias”, “produção científica de investigação e conhecimento”, “contextos autênticos” e “questões sociocientíficas” (Fraisl *et al.*, 2022). A estes elementos, acresce também a noção de “escala” associada à ciência cidadã, quer por permitir uma abrangência geograficamente alargada de uma dada questão sociocientífica, quer por permitir trabalhar em escalas de análise e interpretação de dados que podem potenciar a tomada de decisões esclarecidas tanto a nível local, como nacional ou ainda global (Frigerio *et al.*, 2021).

#### 4. Tipos de projetos de ciência cidadã e envolvimento dos participantes

Compreender o envolvimento de diferentes públicos na ciência cidadã é fundamental para a conceção de projetos que gerem valor, tanto para os participantes como para os cientistas (ECSA, 2015). Os professores e os alunos são participantes importantes cujas necessidades são distintas das de outros cidadãos voluntários. As escolas e outras instituições, como os museus e os centros de ciência, têm o potencial específico de envolver uma demografia mais ampla de participantes na ciência, sendo que os educadores desempenham um papel fundamental na facilitação do envolvimento dos seus alunos na ciência (He e Wiggins, 2017; Shah e Martinez, 2016). Segundo Harlin *et al.* (2018), relacionar a ciência cidadã e as escolas parece ser um passo natural pois, por um lado, os professores e os alunos têm acesso autêntico à ciência em ação e, por outro, os cientistas têm acesso a muitos voluntários entusiasmados (os alunos juntamente com os seus professores), ao mesmo tempo que expandem a consciência pública sobre os seus tópicos de investigação.

165

Em geral, os cidadãos podem envolver-se em diferentes níveis do processo científico: no desenvolvimento de questões e hipóteses de investigação, na recolha de dados, na análise de dados, na elaboração de conclusões e na divulgação dos resultados. Bonney, Ballard *et al.* (2009) desenvolveram uma categorização frequentemente utilizada para classificar a tipologia de projetos de ciência cidadã:

- i) *Projetos contributivos*, que são geralmente concebidos por cientistas e para os quais os participantes contribuem principalmente com a recolha de dados.
- ii) *Projetos colaborativos*, que são geralmente concebidos por cientistas e para os quais os participantes contribuem com a recolha de dados, mas também podem ajudar a refinar o design do projeto, analisar dados ou divulgar resultados;
- iii) *Projetos co-criados*, que são concebidos por cientistas e membros do público, que trabalham em conjunto e para os quais pelo menos alguns dos participantes estão ativamente envolvidos na maioria ou em todas as etapas do processo de investigação científica.

A maioria dos projetos de ciência cidadã são de natureza contributiva, o que constitui um desafio para a ciência cidadã: procurar alcançar um maior equilíbrio entre as agendas orientadas pelos cientistas e as agendas orientadas pela comunidade.



Importa ainda referir que a ciência cidadã tem as mesmas questões de desigualdade que são endêmicas em toda a sociedade, com barreiras inatas à participação de minorias e de comunidades desfavorecidas. O capital científico (Bourdieu, 2001) – um conceito que explora como o ambiente e a classe social de uma pessoa podem afetar o seu envolvimento na ciência – poderia permitir que as “desigualdades na participação científica” fossem descobertas mais facilmente, o que por sua vez poderia ser usado para promover a “justiça social dentro da educação científica” (Archer *et al.*, 2015, p. 943). Se a ciência cidadã quiser cumprir o seu potencial na melhoria da equidade de acesso e participação na educação científica, então “até que ponto a ciência cidadã pode construir capital científico e permitir um maior envolvimento com questões relacionadas com a ciência [...] merece mais investigação” (Edwards *et al.*, 2018, p. 390).

## 5. Contributos e desafios da integração da ciência cidadã na educação em ciências

A ciência cidadã é um campo crescente de investigação e de prática, que tem gerado novos conhecimentos e potenciado a compreensão no mundo que nos rodeia através da colaboração de cidadãos na investigação científica. As iniciativas de ciência cidadã, em várias áreas de ponta da ciência, são frequentemente desenvolvidas para endereçar questões sociocientíficas, problemas emergentes ou questões de investigação prementes (Tsvitanidou e Ioannou, 2020). A ciência cidadã gera oportunidades para os cidadãos assumirem um papel ativo nas suas comunidades (Mueller e Tippins, 2012), operacionalizando a cidadania ativa, atendendo aos fundamentos da democracia participativa, da responsabilidade cívica na educação científica (Mueller e Bentley, 2007) e do ativismo partilhado. São vários os autores que argumentam que participar diretamente no processo de investigação científica, através da ciência cidadã, é uma excelente forma de aumentar o conhecimento e a literacia científica (Araújo *et al.*, 2022a; Bonney *et al.*, 2016; Jordan *et al.*, 2011; Queiruga-Dios *et al.*, 2020); compreender o processo de construção do conhecimento científico (Trautmann *et al.*, 2012); desenvolver ações positivas em prol do ambiente (Bopardikar *et al.*, 2021; Lewandowski e Oberhauser, 2017), melhorar as atitudes em relação à ciência, as capacidades para se envolver na ciência, e aumentar o interesse pela ciência como carreira profissional (Araújo *et al.*, 2021; Araújo *et al.*, 2022b; Costa *et al.*, 2021; Queiruga-Dios *et al.*, 2020). A ciência cidadã tem um amplo potencial para a transdisciplinaridade e para permitir integrar as ciências físicas e naturais com as ciências da saúde, as humanidades, as artes, a economia e as ciências sociais (Kloetzer *et al.*, 2021; Tauginiené *et al.*, 2020), bem como para contribuir para o desenvolvimento sustentável, tal como preconizado nos objetivos da ONU (Fraisl *et al.*, 2022; Queiruga-Dios *et al.*, 2020), uma vez que abrange um vasto leque de áreas relevantes (por exemplo, qualidade da água e do ar, detritos marinhos, biodiversidade e questões de saúde e de género), fornecendo dados e indicadores de concretização dos objetivos estabelecidos (Araújo *et al.*, 2021; Fritz *et al.*, 2019). Desta forma, a participação dos cidadãos é crucial para a obtenção de dados e para o acompanhamento das mudanças produzidas a nível global. Esses dados devem ser livremente acessíveis para que os cidadãos possam tomar decisões informadas.



Os participantes em projetos de ciência cidadã estão envolvidos num processo de aprendizagem (Kloetzer *et al.*, 2021), não apenas relacionado com o desenvolvimento das competências necessárias à sua participação, mas também relacionadas com a compreensão mais profunda dos conceitos e processos científicos (Araújo *et al.*, 2022a). Desta forma, a ciência cidadã tem sido progressivamente encarada como promissora quer para a investigação científica como também para as práticas educativas (Kloetzer *et al.*, 2021). De facto, os projetos de ciência cidadã estão a tornar-se globalmente populares para melhorar a educação científica (Araújo *et al.*, 2021, 2022a, 2022b; Bonney *et al.*, 2016; Costa *et al.*, 2021; Heiss *et al.*, 2021; Kelemen-Finan *et al.*, 2018; Koomen *et al.*, 2018; Koomen *et al.*, 2016; Mueller e Tippins, 2012; Roche *et al.*, 2020). A integração da ciência cidadã em contextos de educação formal e não-formal permite fortalecer a compreensão dos alunos sobre as competências científicas e de investigação científica através da participação ativa em investigação autêntica (Bopardikar *et al.*, 2021; Shah e Martinez, 2016), relacionando a vida diária e a ciência e aproximando a ciência, a comunidade científica e a sociedade (Kelemen-Finan *et al.*, 2018). As National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine, na sua publicação “*Learning through citizen science: Enhancing opportunities by design*” (2018), oferecem uma sistematização destas ideias, referindo que o contexto científico de um projeto de ciência cidadã pode apoiar a aprendizagem de, pelo menos, três formas:

- i) *Esforço científico autêntico*: por definição, os projetos de ciência cidadã são autênticos empreendimentos científicos, o que significa que estão em curso investigações sobre um fenómeno científico conduzido com um determinado propósito. Esta autenticidade proporciona uma oportunidade adicional para o envolvimento em práticas científicas e para aprender sobre a natureza da ciência. A autenticidade pode ainda servir de fator motivador para a participação e para a aprendizagem e para melhor se abordar temas e conceitos de ciência e tecnologia inseridos em contextos reais, sociais, dando, assim, sentido funcional aos conceitos por via de uma abordagem CTS/CTSA.
- ii) *Ambiente natural e mundo real*: a maioria dos projetos de ciência cidadã são investigações de fenómenos no ambiente natural, sendo menos frequentes os projetos em contextos de simulação do real (criados computacionalmente), que decorrem em escalas observáveis. Ter lugar num contexto real proporciona a oportunidade de motivar a aprendizagem com base na relevância.
- iii) *Centralidade dos dados*: as oportunidades de ciência cidadã geralmente envolvem os participantes na recolha e análise de dados (embora possam incluir outras atividades científicas). A prioridade conferida aos dados, em projetos de ciência cidadã, cria a oportunidade de conhecer o papel dos mesmos na investigação científica (natureza da ciência) e a oportunidade para aprender a realizar análises de dados (uma prática científica).

Em colaboração com os cientistas, os alunos podem ter a oportunidade de aprender conceitos fundamentais e podem desenvolver uma compreensão mais profunda da natureza da investigação científica, envolvendo-se em práticas científicas, incluindo planeamento e realização de investigações, a formulação de questões de

investigação, recolha, análise e interpretação de dados, construção de explicações e modelos, e comunicação das suas conclusões a várias partes interessadas, incluindo as comunidades científicas e locais (Bopardikar *et al.*, 2021; Houseal *et al.*, 2014; Trautmann *et al.*, 2012). Os projetos de ciência cidadã constituem-se como contextos que promovem a construção social do conhecimento – professores e alunos participam como parte de uma comunidade de prática para investigar questões de importância social (Costa *et al.*, 2022; Gilbert *et al.*, 2011), o que contribui para a consubstanciação de uma educação em ciências de orientação CTS/CTSA.

## 6. Ciência cidadã na educação formal e não-formal

A integração da ciência cidadã na educação formal constitui-se como uma oportunidade única para chegar a todos os setores da sociedade, concretizando-se, assim, o potencial democrático, inclusivo e transformador da ciência cidadã (Kloetzer *et al.*, 2021), para que a ciência seja, de facto, para todos e com todos (Ruiz-Mallén *et al.*, 2016). Tal como referem Harlin *et al.* (2018), a ciência cidadã traz vantagens para todos os intervenientes: professores e alunos têm acesso autêntico à ciência em ação, incluindo cientistas, questões de investigação científica, processos, dados e análise de dados, que promovem o envolvimento com a ciência e oportunidades de aprendizagem.

Os cientistas, por sua vez, podem colaborar com muitos voluntários (os alunos) juntamente com “líderes de equipa” (os professores), ao mesmo tempo que expandem a consciência pública dos seus tópicos e descobertas. Uma leitura cuidadosa da literatura científica emergente, que se centra na integração de projetos de ciência cidadã nas escolas, apoia esta hipótese, mas também destaca alguns desafios críticos, tal como se reportará adiante. As escolas são encarradas como tendo grande potencial multiplicador e de alcance, nas quais os professores desempenham um papel fundamental, podendo atuar como participantes, facilitadores e motivadores em projetos de ciência cidadã. Na sala de aula, os professores muitas vezes deparam-se com o desafio de encontrar um equilíbrio entre o desenvolvimento do currículo e o desejo de encontrar formas novas e interessantes de envolver e motivar os alunos (Harlin *et al.*, 2018). A participação na recolha e análise de dados do mundo real é envolvente tanto para alunos como para professores (Trautmann *et al.*, 2012). Ao ter valor real, a ciência cidadã poderá conferir um reforço de significado à aprendizagem.

Os contextos de educação não-formal, como centros de ciência e museus, são também cruciais para a educação científica (Burke e Navas Iannini, 2021). Os projetos de ciência cidadã encontram nestes contextos uma “casa natural” devido ao forte compromisso que existe com o envolvimento do público (Ballard, Robinson *et al.*, 2017), bem como por serem entidades que trabalham em simultâneo com o público, os cientistas e os sistemas de educação formais (Kloetzer *et al.*, 2021; Sforzi *et al.*, 2018). Assim, estão idealmente situados na interseção entre a ciência, a educação e o envolvimento do público com temas sociocientíficos relevantes a nível local e global (Kloetzer *et al.*, 2021). Uma das tensões habituais que se enfrentam nestes contextos relaciona-se com o tempo e os recursos necessários para tornar as atividades envolventes, e os esforços para servir os objetivos científicos e educativos

dos projetos (National Research Council, 2009). A aprendizagem que ocorre em ambientes não-formais, através de projetos de ciência cidadã, pode ser difícil de captar. Contudo, foram realizados esforços para encontrar formas de avaliar os resultados de aprendizagem pretendidos para os participantes nestes projetos. Neste sentido, Phillips *et al.* (2018) apresentou um quadro de referência para a articulação e medição dos resultados individuais da aprendizagem resultantes da participação em projetos de ciência cidadã, que inclui: interesse pela ciência e pelo ambiente (Phillips *et al.*, 2019), autoeficácia, motivação, conhecimento da natureza da ciência, competências de investigação científica, comportamento e gestão.

## 7. Recomendações para a integração da ciência cidadã na educação em ciências

Vários autores (Avelo e Huovelin, 2020; NASEM, 2018; Perelló *et al.*, 2021; Roche *et al.*, 2020) têm apresentado recomendações para maximizar as sinergias entre a ciência cidadã e a educação em ciências, procurando criar oportunidades significativas para a ciência cidadã no ensino e na aprendizagem.

Uma das recomendações relaciona-se com o desenvolvimento de iniciativas de formação e desenvolvimento profissional como, por exemplo, *workshops*, cursos e oficinas de formação, de modo a facilitar a integração da ciência cidadã nas salas de aula, e na superação de algumas barreiras com as quais as escolas, os professores e os alunos se deparam enquanto participam em projetos de ciência cidadã (Crall *et al.*, 2013). O apoio aos professores é importante pois, caso contrário, pode ser difícil para eles, sobrecarregados e limitados por currículos extensos, envolverem-se a si e aos seus alunos em novas e complexas atividades. Segundo Avelo e Huovelin (2020), os professores não podem ser participantes passivos nos projetos de ciência cidadã, mas antes agentes ativos na integração e significação das experiências e resultados da participação dos seus alunos. Os autores sugerem que os professores debatam na sala de aula com os seus alunos, sobre os objetivos, problemas relacionados e, eventualmente, experiências durante a participação em projetos de ciência cidadã. Embora alguns alunos possam vivenciar experiências de aprendizagem significativas apenas por participarem, uma oportunidade de refletir sobre o projeto numa sala de aula proporcionaria muitas mais oportunidades de aprendizagem. Adicionalmente, a análise dos dados proporcionaria mais oportunidades de aprendizagem; um projeto de ciência cidadã colaborativo ou co-criado pode ser ainda mais valioso do ponto de vista educativo.

Uma outra recomendação passa por garantir o alinhamento entre as posições ontológico-epistemológicas da ciência cidadã, da educação e da aprendizagem. A consecução dos objetivos educativos dos projetos de ciência cidadã está dependente dos objetivos equacionados na fase de planificação do projeto (Bonney, Shirk *et al.*, 2014). Permitir que os alunos participem no processo, contribuindo com ideias e questões de investigação, ajuda a melhorar a aprendizagem, e fomenta uma sensação de apropriação e de investimento no projeto. Assim, será relevante que os investigadores procurem envolver os alunos, garantindo que os dados são devolvidos à sala de aula e proporcionando aos alunos a oportunidade de eles próprios analisarem e apresentarem os dados em si. Além disso, atendendo a que a maioria dos projetos de

ciência cidadã continuam a ser contributivos, a construção de uma componente de co-criação em projetos de ciência cidadã aumentaria significativamente a probabilidade de que os objetivos educativos e científicos do projeto fossem atingidos (Soanes *et al.*, 2020). Essas abordagens de co-criação devem ser consideradas prioritárias (Kelemen-Finan *et al.*, 2018).

É recomendado também que o envolvimento e os resultados educativos devem ser explicitamente medidos. Os resultados educativos constituem uma componente importante dos projetos de ciência cidadã escolar e, como tal, a capacidade do projeto para a concretização destes resultados deve ser avaliada e não assumida (Soanes *et al.*, 2020). Considerar quadros teóricos de referência para medir os resultados individuais da aprendizagem resultantes da participação na ciência cidadã – como, por exemplo, a proposta de Phillips *et al.* (2018) – facilitaria o alinhamento dos resultados da aprendizagem e das posições epistemológicas subjacentes.

Uma outra recomendação relaciona-se com os desafios em torno da comunicação, divulgação e diálogo estabelecidos no âmbito dos projetos de ciência cidadã. Por um lado, é enfatizada a necessidade de aumentar as oportunidades de formação em comunicação de ciência para os cientistas envolvidos na ciência cidadã, bem como para os cientistas em geral. A colaboração entre cientistas e cidadãos com profissionais de relações públicas e de comunicação poderia conduzir a estratégias mais abertas para comunicar com os diferentes públicos e poderia gerar um alinhamento claro entre a divulgação e os modos participativos de comunicação de ciência (Bucchi e Trench, 2021).

170

Estabelecer apoio curricular e parcerias formais constituiu-se como outra recomendação a considerar. As parcerias formais podem garantir que tanto as escolas como os cientistas tenham acesso às infraestruturas e apoio administrativo necessários para desenvolverem projetos significativos e sustentáveis. Isto pode ser conseguido trabalhando com organizações que têm programas de educação científica e divulgação científica já existentes (Ballard, Robinson *et al.*, 2017; Zoellick *et al.*, 2012) ou estabelecendo iniciativas dentro da universidade e dos centros de investigação para apoiar os cientistas nas escolas.

Outra recomendação passa por investigar de que forma a compreensão da natureza da ciência se relaciona com implementações de práticas científicas e com a participação em projetos de ciência cidadã. De facto, a ciência cidadã pode fornecer um novo contexto para os investigadores na área educativa explorarem como os cidadãos desenvolvem e refinam a sua compreensão da natureza da ciência (NASEM, 2018). Uma vez que algumas atividades científicas no âmbito dos projetos de ciência cidadã podem ser produtivamente sustentadas durante longos períodos de tempo (o que é importante quando os objetivos da aprendizagem científica envolvem, por exemplo, mudança conceptual), podem permitir o estudo de processos de aprendizagem que carecem de um espectro temporal mais alargado sendo recomendado que os educadores em ciências tenham esta oportunidade em consideração.

## Considerações finais

Na perspetiva dos alunos, muitos consideram a ciência como uma área pouco relevante porque as disciplinas científicas não se relacionam com sua vida diária, sendo que esta ausência de relevância percebida, quando se verifica, limita o desenvolvimento do interesse dos estudantes face à ciência. A literatura sugere que tornar o estudo da ciência relevante para os alunos deve ser um objectivo-chave da educação científica. Uma forma promissora de conseguir explicitar essa relevância é através da educação em ciências de orientação CTS/CTSA e na sua operacionalização por via da participação dos alunos em projetos de ciência cidadã. O envolvimento em iniciativas científicas autênticas que decorrem em contextos do mundo real, onde as inter-relações CTS/CTSA são bem patentes, constitui-se como uma potencialidade da ciência cidadã, pois permite que o aluno compreenda a ciência e as práticas de investigação científica - desde a definição do problema e formulação das questões de investigação; desenvolvimento de hipóteses; conceção do estudo ou dos protocolos; recolha de dados ou amostras; realização da análise de dados e interpretação de resultados; estruturação das conclusões e divulgação dos resultados; formulação de novas perguntas e implementação de medidas que melhorem a qualidade de vida em comunidade local e alargada - e as aplique, por exemplo, à deteção, monitorização e resolução de questões ambientais reais, na sua esfera local ou à escala global, em colaboração com cientistas, com os seus professores e com a comunidade alargada. Desta forma, a aprendizagem pode estender-se muito além do conhecimento do conteúdo, num determinado domínio, para incluir uma melhor compreensão da natureza, dos métodos e dos processos científicos e para fomentar atitudes positivas em relação à ciência. Além disso a ciência cidadã é também uma forma eficaz de abordar um vasto leque de desafios sociais.

171

O compromisso explícito dos atores sociais marca uma diferença significativa entre a ciência cidadã e a maioria das abordagens-padrão nas práticas de investigação científica. Além disso, o facto de a ciência cidadã ser muitas vezes orientada por questões sociocientíficas emergentes, ser uma atividade social ou comunitária, e oferecer oportunidades para uma participação a longo prazo, também proporciona oportunidades relevantes para a aprendizagem da ciência.

Em jeito de remate final, importa sublinhar que há desafios e questões que nos merecem outras reflexões complementares sobre o binómio "ciência cidadã e abordagem CTS/CTSA". Considera-se que este conjunto é parte integrante dos princípios da educação em ciências, nomeadamente, pela sua contribuição para uma melhor compreensão da inter-relação da ciência com a tecnologia e a sociedade e para a potenciação de uma cidadania ativa baseada em valores democráticos. Para tal, será importante uma educação científica que permita aos alunos aprender ciência, de forma significativa e contextualizada, exercendo o seu direito à cidadania pela participação responsável em atividades do quotidiano em sociedade. Selecionar temas geradores de controvérsias para exploração nas aulas de ciências, analisando argumentos a favor e contra, promover a participação dos alunos e da comunidade em projetos de ciência cidadã, serão formas de desenvolver a capacidade de tomar decisões e, por conseguinte, influenciar medidas políticas a implementar. Embora se possa reconhecer que a ciência cidadã e a abordagem CTS/CTSA são domínios

de investigação originados por grupos distintos, apresentam grande cumplicidade na medida em que se pode considerar que a abordagem CTS/CTSA contribui para conceptualizar o campo de investigação educativa da ciência cidadã e a ciência cidadã, por sua vez, é uma forma de operacionalização dos intentos da educação em ciências de orientação CTS/CTSA dado que a maioria dos projetos de ciência cidadã são investigações de fenómenos no ambiente natural e são autênticos empreendimentos científicos. Esta autenticidade pode motivar para a participação e para a aprendizagem e para melhor se abordar temas e conceitos de ciência e tecnologia inseridos em contextos reais e sociais. Desta forma, as orientações CTS/CTSA têm-se vindo a espelhar em currículos, recursos didáticos e estratégias de ensino, da mesma forma que assistimos a um progressivo reconhecimento do potencial de envolvimento direto dos alunos em projetos orientados para a ação fora da sala de aula, a nível individual, de grupo e da comunidade, que lhes permitam melhorar o pensamento crítico, a resolução criativa de problemas e a tomada de decisões que podem vir a influenciar políticas e práticas com resultados e consequências tangíveis.

Pelo exposto, considera-se fundamental contribuir para uma posição transformadora sobre a ciência cidadã na educação em ciências de orientação CTS/CTSA, o que se afigura como fundamental para gerar um papel mais vital para a ciência na esfera pública, ajudando a construir respostas para os problemas sociocientíficos atuais e futuros e para a concretização dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável da ONU.

## Referências bibliográficas

ACSA (2022). Australian Citizen Science Association. Disponível em: <https://citizenscience.org.au/>.

Aivelo, T. e Huovelin, S. (2020). Combining formal education and citizen science: A case study on students' perceptions of learning and interest in an urban rat project. *Environmental Education Research*, 26(3), 324-340.

Araújo, J. L., Morais, C. e Paiva, J. C. (2021). Students' attitudes towards science: The contribution of a citizen science project for monitoring coastal water quality and (micro) plastics. *Journal of Baltic Science Education*, 20(6), 881-893.

Araújo, J. L., Morais, C. e Paiva, J. C. (2022a). Student participation in a coastal water quality citizen science project and its contribution to the conceptual and procedural learning of chemistry. *Chemistry Education Research and Practice*, 23(1), 100-112.

Araújo, J. L., Morais, C. e Paiva, J. C. (2022b). Citizen science as a pedagogical tool in Chemistry education: students' attitudes and teachers' perception. *Interdisciplinary Journal of Environmental and Science Education*, 18(2), e2271.

Archer, L., Dawson, E., DeWitt, J., Seakins, A. e Wong, B. (2015). "Science capital": A conceptual, methodological, and empirical argument for extending bourdieusian notions of capital beyond the arts. *Journal of Research in Science Teaching*, 52(7), 922-948.

Aristeidou, M. e Herodotou, C. (2020). Online citizen science: A systematic review of effects on learning and scientific literacy. *Citizen Science: Theory and Practice*, 5, 11.

Barron, B. e Darling-Hammond, L. (2010). Prospects and challenges for inquiry-based approaches to learning. Em H. Dumont, D. Istance e F. Benavides (Eds.), *The nature of learning: Using research to inspire practice*. OCDE Publishing.

Bonney, R. (1996). Citizen science: A lab tradition. *Living Bird*, 15(4), 7-15.

Bonney, R., Ballard, H. L., Jordan, R. C., McCallie, E., Phillips, T. B., Shirk, J. e Wilderman, C. C. (2009). Public participation in scientific research: Defining the field and assessing its potential for informal science education. A CAISE inquiry group report.

Bonney, R., Phillips, T. B., Ballard, H. L. e Enck, J. W. (2016). Can citizen science enhance public understanding of science? *Public Understanding of Science*, 25(1), 2-16.

Bonney, R., Shirk, J. L., Phillips, T. B., Wiggins, A., Ballard, H. L., Miller-Rushing, A. J. e Parrish, J. K. (2014). Next steps for citizen science. *Science*, 343(6178), 1436-1437.

Bopardikar, A., Bernstein, D. e McKenney, S. (2021). Designer considerations and processes in developing school-based citizen-science curricula for environmental education. *Journal of Biological Education*, 1-26.

173

Bourdieu, P. (2001). *Para uma sociologia da ciência*. Edições 70.

Bucchi, M. e Trench, B. (2021). Rethinking science communication as the social conversation around science. *JCOM*, 20(03), Article Y01.

Burke, L. E. e Navas Iannini, A. M. (2021). Science engagement as insight into the science identity work nurtured in community-based science clubs. *Journal of Research in Science Teaching*, 58(9), 1425-1454.

Chuine, I., Yiou, P., Viovy, N., Séguin, B., Daux, V. e Ladurie, E. L. R. (2004). Historical phenology: Grape ripening as a past climate indicator. *Nature*, 432, 289-290.

Comissão Europeia (2014). *Responsible research and innovation: Europe's ability to respond to societal challenges*. Serviço das Publicações da União Europeia.

Comissão Europeia (2020). *Horizon 2020: Work programme 2018-2020. Science with and for society*, 16.

Comissão Europeia (2021). *Citizen science*. Disponível em: <https://ec.europa.eu/digital-single-market/en/citizen-science>.

Costa, I. A., Morais, C. e Monteiro, M. J. (2021). CoAstro: @n Astronomy Condo – Teachers' attitudes and epistemological beliefs towards science in a citizen science



project. Em M. Carmo (Ed.), *Education Applications & Developments VI – Advances in Education and Educational Trends Series (66-75)*. Lisboa: inScience Press.

Costa, I., Morais, C. e Monteiro, J. (2022). Citizen science through schools: the importance of interpersonal relationships. *Cuadernos.Info*, (52), 113–135.

Crall, A. W., Jordan, R., Holfelder, K., Newman, G. J., Graham, J. e Waller, D. M. (2013). The impacts of an invasive species citizen science training program on participant attitudes, behavior, and science literacy. *Public Understanding of Science*, 22(6), 745-764.

CSA (2022). Citizen Science Association. Disponível em: <https://citizenscience.org/>.

ECSA (2015). *Ten Principles of Citizen Science*.

ECSA (2020). *ECSA's characteristics of citizen science*.

ECSA (2022). European Citizen Science Association. Disponível em: <https://ecsacitizen-science.net/>.

Edwards, R. J., Kirn, S. L., Hillman, T., Kloetzer, L., Mathieson, K., McDonnell, D. e Phillips, T. B. (2018). Learning and developing science capital through citizen science. Em S. Hecker, M. Haklay, A. Bowser, Z. Makuch, J. Vogel e A. Bonn (Eds.), *Citizen science: Innovation in open science, society and policy (381-390)*. UCL Press.

Eitzel, M. V., Cappadonna, J. L., Santos-Lang, C., Duerr, R. E., Virapongse, A., West, S. E., Kyba, C. C. M., Bowser, A., Cooper, C. B., Sforzi, A., Metcalfe, A. N., Harris, E. S., Thiel, M., Haklay, M., Ponciano, L., Roche, J., Ceccaroni, L., Shilling, F. M., Dörler, D., Heigl, F., Kiessling, T., Davis, B. Y. e Jiang, Q. (2017). Citizen science terminology matters: Exploring key terms. *Citizen Science: Theory and Practice*, 2(1), 1-20.

Fraisl, D., See, L., Sturn, T., MacFeely, S., Bowser, A., Campbell, J., Moorthy, I., Danylo, O., McCallum, I. e Fritz, S. (2022). Demonstrating the potential of Picture Pile as a citizen science tool for SDG monitoring. *Environmental Science & Policy*, 128, 81-93.

Frigerio, D., Richter, A., Per, E., Pruse, B. e Vohland, K. (2021). Citizen science in the natural sciences. Em K. Vohland, A. Land-Zandstra, L. Ceccaroni, R. Lemmens, J. Perelló, M. Ponti, R. Samson e K. Wagenknecht (Eds.), *The Science of Citizen Science (79-96)*. Springer International Publishing.

Gilbert, J., Bulte, A. M. W. e Pilot, A. (2011). Concept development and transfer in context-based Science education. *International Journal of Science Education*, 33, 817-837.

Haklay, M. *et al.* (2020). *The ECSA characteristics of citizen science*. ECSA.



Harlin, J., Kloetzer, L., Patton, D. e Leonhard, C. (2018). Turning students into citizen scientists. In S. Hecker, M. Haklay, A. Bowser, Z. Makuch, J. Vogel e A. Bonn (Eds.), *Citizen science: Innovation in open science, society and policy*. UCL Press.

He, Y. e Wiggins, A. (2017). Implementing an environmental citizen science project: Strategies and concerns from educators' perspectives. *International Journal of Environmental and Science Education*, 12(6), 1459-1481.

Hecker, S., Haklay, M., Bowser, A., Makuch, Z., Vogel, J. e Bonn, A. (2018). Innovation in open science, society and policy – Setting the agenda for citizen science. Em S. Hecker, M. Haklay, A. Bowser, Z. Makuch, J. Vogel e A. Bonn (Eds.), *Citizen Science* (1-24). UCL Press.

Heiss, R., Schmuck, D., Matthes, J. e Eicher, C. (2021). Citizen science in schools: Predictors and outcomes of participating in voluntary political research. *SAGE Open*, 11(4), 21582440211016428.

Hodson, D. (2003). Time for action: Science education for an alternative future. *International Journal of Science Education*, 25, 645-670.

Hodson, D. (2020). Going beyond STS education: Building a curriculum for sociopolitical activism. *Canadian Journal of Science, Mathematics and Technology Education*, 20(4), 592-622.

Houseal, A. K., Abd-El-Khalick, F. e DeStefano, L. (2014). Impact of a student-teacher-scientist partnership on students' and teachers' content knowledge, attitudes toward science, and pedagogical practices. *Journal of Research in Science Teaching*, 51(1), 84-115.

International Science Council (2021). UNESCO Science Commission adopts open science recommendation.

Irwin, A. (1995). *Citizen science: A study of people, expertise, and sustainable development*. Routledge.

Jordan, R. C., Gray, S. A., Howe, D. V., Brooks, W. R. e Ehrenfeld, J. G. (2011). Knowledge gain and behavioral change in citizen-science programs. *Conservation Biology*, 25(6), 1148-1154.

Kelemen-Finan, J., Scheuch, M. e Winter, S. (2018). Contributions from citizen science to science education: An examination of a biodiversity citizen science project with schools in Central Europe. *International Journal of Science Education*, 40(17), 2078-2098.

Kloetzer, L., Lorke, J., Roche, J., Golumbic, Y., Winter, S. e Jõgeva, A. (2021). Learning in citizen science. Em K. Vohland, A. Land-Zandstra, L. Ceccaroni, R. Lemmens, J. Perelló, M. Ponti, R. Samson e K. Wagenknecht (Eds.), *The science of citizen science* (283-308). Springer International Publishing.

Koomen, M. H., Rodríguez, E., Hoffman, A., Petersen, C. M. e Oberhauser, K. S. (2018). Authentic science with citizen science and student-driven science fair projects. *Science Education*, 102, 593-644.

Koomen, M. H., Weaver, S., Blair, R. B. e Oberhauser, K. S. (2016). Disciplinary literacy in the science classroom: Using adaptive primary literature. *Journal of Research in Science Teaching*, 53(6), 847-894.

Latour, B. (1987). *Science in action: How to follow scientists and engineers through society*. Harvard University Press.

Lewandowski, E. J. e Oberhauser, K. S. (2017). Butterfly citizen scientists in the United States increase their engagement in conservation. *Biological Conservation*, 208, 106-112.

Marandino, M., Pugliese, A. e Oliveira, I. S. (2019). Formação de professores, museus de Ciências e relações entre Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente. In M. B. Rocha e R. D. V. L. Oliveira (Eds.), *Divulgação científica: Textos e contextos (37-48)*. Livraria da Física.

Martins, I. P. (2020). Revisitando Orientações CTS/CTSA na Educação e no Ensino das Ciências. *APEduC Revista*, 1(1), 13-29.

176 Miller-Rushing, A., Primack, R. e Bonney, R. (2012). The history of public participation in ecological research. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 10(6), 285-290.

Morais, C. (2022). *Ciência cidadã na Educação em Ciências*. [Lição de síntese proferida no âmbito da prestação de Provas para obtenção do título de agregada em ensino e divulgação das ciências]. Universidade do Porto.

Mueller, M. P. e Bentley, M. L. (2007). Beyond the decorated landscapes of educational reform: Toward landscapes of pluralism in science education. *Science Education*, 91, 321-338.

Mueller, M. e Tippins, D. (2012). Citizen science, ecojustice, and science education: Rethinking an education from nowhere. Em B. J. Fraser e K. Tobin (Eds.), *Second international handbook of science education (865-882)*. Springer.

NASA (2022). *Citizen Science*. Disponível em: <https://science.nasa.gov/citizenscience>.

NASEM (2018). *Learning through citizen science: Enhancing opportunities by design*. The National Academies Press. DOI: <https://doi.org/doi:10.17226/25183>.

National Research Council (2009). *Learning science in informal environments: People, places, and pursuits*. The National Academies Press.

OCDE (2016). *PISA 2015 results (volume II): Policies and practices for successful schools*.

OCDE (2017). OECD Global Science Forum: Open research agenda setting. OCDE.

OCDE (2018). OECD Future of Education and Skills 2030. OECD Learning Compass 2030. A series of concept notes. OCDE.

Paleco, C., García Peter, S., Salas Seoane, N., Kaufmann, J. e Argyri, P. (2021). Inclusiveness and diversity in citizen science. Em K. Vohland, A. Land-Zandstra, L. Ceccaroni, R. Lemmens, J. Perelló, M. Ponti, R. Samson e K. Wagenknecht (Eds.), *The science of citizen science* (261-281). Springer International Publishing.

Pedretti, E. e Nazir, J. (2011). Currents in STSE Education: Mapping a Complex Field, 40 Years On. *Science Education*, 95, 601-626.

Perelló, J., Klimczuk, A., Land-Zandstra, A., Vohland, K., Wagenknecht, K., Narraway, C., Lemmens, R. e Ponti, M. (2021). The recent past and possible futures of citizen science: Final remarks. Em K. Vohland, A. Land-Zandstra, L. Ceccaroni, R. Lemmens, J. Perelló, M. Ponti, R. Samson e K. Wagenknecht (Eds.), *The science of citizen science* (517-529). Springer International Publishing.

Phillips, T. B., Ballard, H. L., Lewenstein, B. V. e Bonney, R. (2019). Engagement in science through citizen science: Moving beyond data collection. *Science Education*, 103(3), 665-690.

Phillips, T., Porticella, N., Conostas, M. e Bonney, R. (2018). A framework for articulating and measuring individual learning outcomes from participation in citizen science. *Citizen Science: Theory and Practice*, 3(2), 3.

177

Primack, R. B., Higuchi, H. e Miller-Rushing, A. J. (2009). The impact of climate change on cherry trees and other species in Japan. *Biological Conservation*, 142(9), 1943-1949.

Queiruga-Dios, M. Á., López-Iñesta, E., Díez-Ojeda, M., Sáiz-Manzanares, M. C. e Vázquez Dorrio, J. B. (2020). Citizen science for scientific literacy and the attainment of sustainable development goals in formal education. *Sustainability*, 12(10), 4283.

Ratcliffe, M. e Grace, M. (2003). *Science education for citizenship: Teaching socio-scientific issues*. Open University Press.

Rede Portuguesa de Ciência Cidadã (2022). Rede Portuguesa de Ciência Cidadã. Disponível em: <https://www.cienciacidade.pt/>.

Reis, P., Tinoca, L., Baptista, M. e Linhares, E. (2020). The impact of student-curated exhibitions about socio-scientific issues on students' perceptions regarding their competences and the Science classes. *Sustainability*, 12.

Roche, J., Bell, L., Galvão, C., Golumbic, Y., Kloetzer, L., Knobon, N., Laakso, M., Lorke, J., Mannion, G., Massetti, L., Mauchline, A., Pata, K., Ruck, A., Taraba, P. e Winter, S. (2020). Citizen science, education, and learning: Challenges and opportunities. *Frontiers in Sociology*, 5.

Ruiz-Mallén, I., Riboli-Sasco, L., Ribault, C., Heras, M., Laguna, D. e Perié, L. (2016). Citizen science: Toward transformative learning. *Science Communication*, 38(4), 523-534.

Sforzi, A., Tweddle, J., Vogel, J., Lois, G., Wägele, W., Lakeman-Fraser, P., Makuch, Z. e Vohland, K. (2018). Citizen science and the role of natural history museums. Em J. Vogel, Z. Makuch, S. Hecker, M. Haklay, A. Bowser e A. Bonn (Eds.), *Citizen Science* (429-444). UCL Press.

Shah, H. R. e Martinez, L. R. (2016). Current approaches in implementing citizen science in the classroom. *Journal of Microbiology & Biology Education*, 17(1), 17-22.

Soanes, K., Cranney, K., Dade, M. C., Edwards, A. M., Palavalli-Nettimi, R. e Doherty, T. S. (2020). How to work with children and animals: A guide for school-based citizen science in wildlife research. *Austral Ecology*, 45(1), 3-14.

Tauginienė, L., Butkevičienė, E., Vohland, K., Heinisch, B., Daskolia, M., Suškevičs, M., Portela, M., Balázs, B. e Prūse, B. (2020). Citizen science in the social sciences and humanities: The power of interdisciplinarity. *Palgrave Communications*, 6(1), 89.

Tian, H., Stige, L. C., Cazelles, B., Kausrud, K., Svarverud, R., Stenseth, N. C. e Zhang, Z. (2011). Reconstruction of a 1,910-y-long locust series reveals consistent associations with climate fluctuations in China. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 108(35), 14521-14526.

Trautmann, N. M., Shirk, J. L. e Krasny, M. E. (2012). Who poses the question? Using citizen science to help K–12 teachers meet the mandate for inquiry. Em L. D. Janis e B. Rick (Eds.), *Citizen science: Public participation in environmental research* (179-190). Cornell University Press.

Tsvitanidou, O. e Ioannou, A. (2020). Citizen science, K-12 science education and use of technology: A synthesis of empirical research. *Journal of Science Communication*, 19(4).

UNESCO (2021). UNESCO recommendation on open science. UNESCO.

### Como citar este artigo

Morais, C. (2022). Ciência cidadã e educação CTS/CTSA: perspectivando contributos, desafios e oportunidades. *Revista Iberoamericana de Ciencia, Tecnología y Sociedad –CTS*, 17(51), 157-178. Disponível em: [inserte URL]

**FACTS: uma ferramenta CTS  
para avaliação de processos e produtos na educação científica**

**FACTS: una herramienta CTS  
para la evaluación de procesos y productos en la educación científica**

***FACTS: An STS Tool  
for the Evaluation of Processes and Products in Science Education***

**Denise de Freitas, Mariana dos Santos,  
Alice Helena Campos Pierson e Genina Calafell \***

Esse artigo apresenta uma ferramenta avaliativa CTS (FACTS), que visa contribuir com a avaliação de práticas, materiais didáticos e processos educativos na educação básica e na formação de professores de ciências respaldada numa perspectiva de educação científica crítica e reflexiva. Essa ferramenta, construída no formato de rubricas, é resultado de uma investigação apoiada nos marcos dos estudos CTS e do Paradigma da Complexidade e desenhada a partir do Método Delphi. Esse estudo contou com a participação de 37 especialistas, pesquisadores da área de educação em ciências da América Latina (Argentina, Brasil, Chile, Colômbia) e Europa (Portugal e Espanha), que refletiram e se posicionaram sobre aspectos de uma educação científica crítica e que aspectos agregam ao caracterizá-la nessa perspectiva, nomeadamente, em relação aos seus pressupostos, problemas, contribuições e desafios. A partir de seus posicionamentos foi possível construir um instrumento avaliativo que permite realizar diagnósticos e consequentes tomadas de decisões mais adequadas ao campo da educação em ciências. O formato de rubrica FACTS permite avaliar programas de educação em ciências usando descritores qualitativos ou quantitativos e destina-se a analisar e orientar a educação científica crítica no contexto do ensino, políticas e programas educacionais.

179

**Palavras-chave:** estudos CTS; avaliação formativa CTS; educação científica crítica

---

\* *Denise de Freitas*: professora titular sênior da Universidade Federal de São Carlos (UFSCar), Brasil. Correio eletrônico: dfreitas2011@gmail.com. *Mariana dos Santos*: professora do Departamento de Metodologia de Ensino da UFSCar, Brasil. Correio eletrônico: marianasantos@ufscar.br. *Alice Helena Campos Pierson*: professora do Departamento de Metodologia de Ensino da UFSCar, Brasil. Correio eletrônico: apierson@ufscar.br. *Genina Calafell*: professora da Universitat de Barcelona, Espanha. Correio eletrônico: genina.calafell@ub.com.

Este artículo presenta FACTS, una herramienta CTS que tiene como objetivo evaluar prácticas, materiales didácticos y procesos educativos desde la perspectiva de una educación científica crítica y reflexiva. Esta herramienta es el resultado de una investigación sustentada en los estudios CTS y el Paradigma de la Complejidad, y diseñada con base al Método Delphi. Este estudio contó con 37 expertos en el área de la enseñanza de las ciencias de América Latina (Argentina, Brasil, Chile, Colombia) y Europa (Portugal y España). El grupo aportó aspectos esenciales para favorecer una educación científica crítica y caracterizarla en relación con sus supuestos, problemas, aportes y desafíos. Se logró construir un instrumento de evaluación que permite realizar diagnósticos y tomar decisiones más adecuadas en la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias. El formato de rúbrica permite evaluar los programas de educación científica utilizando descriptores cualitativos o cuantitativos y tiene como objetivo analizar y orientar la educación científica crítica en el contexto de la enseñanza, las políticas y los programas educativos.

**Palabras clave:** estudios CTS; evaluación formativa CTS; educación científica crítica

*This article presents FACTS, an STS tool that aims to evaluate practices, teaching materials and educational processes in basic education and science teacher training, based on a critical and reflective scientific education perspective. This tool is the result of an investigation supported by the frameworks of STSE studies and the Complexity Paradigm, and its design is based on the Delphi Method. This study had the participation of 37 researchers in the area of science education from Latin America (Argentina, Brazil, Chile and Colombia) and Europe (Portugal and Spain). The group contributed essential aspects to favor a critical scientific education and characterize it in relation to its assumptions, problems, contributions and challenges. Based on their positions, it was possible to build an evaluation instrument that allows to make diagnoses and more appropriate decisions in the teaching and learning of science. The FACTS rubric format allows to evaluate science education programs using qualitative or quantitative descriptors. It is intended to analyze and guide critical science education in the context of policies and educational programs.*

180

**Keywords:** STS studies; STS formative assessment; critical science education

## Introdução

É inegável que este século XXI está marcado pelas fake news, pela pós-verdade, pelo negacionismo científico e a pandemia nos trouxe mais recrudescimento às nossas crises civilizatórias contemporâneas e muitas incertezas.

As (des)informações crescem a cada dia lançando desafios para compreender a realidade. Os conhecimentos que possuímos organizados de forma fragmentada, subespecializada, descontextualizada não nos ajudam a interpretar, confrontar, selecionar, organizar um conhecimento que dê conta de discernir a boa informação para que possamos elaborar diagnósticos que orientem nossas decisões com maior previsibilidade visando a qualidade da vida.

Edgar Morin nos mostra que a importante revelação dos impactos que sofremos na pandemia é que tudo aquilo que parecia separado está conectado, porque uma catástrofe sanitária envolve integralmente a totalidade de tudo o que é humano. “Esta é uma ocasião para compreender que a ciência, diferente da religião, não tem um repertório de verdades absolutas e que suas teorias são biodegradáveis sob efeito de novas descobertas” (Morin, 2020, p. 7). E que a crise em uma sociedade pode tanto estimular a imaginação e a criatividade em busca de soluções novas, como desejar o retorno a uma estabilidade passada, seja acreditando em uma salvação providencial, ou buscando um bode expiatório.

O negacionismo não é sinônimo de desinformação, mas sim resultado de disputas de grupos de interesse que procuram camuflar suas motivações e ganhos, inventando controvérsias científicas e falta de consensos na ciência. Os negacionistas são motivados por interesses diversos e representativos de grupos distintos, mas apresentam em comum o oportunismo político e a incoerência. No negacionismo, como o terraplanismo, por exemplo, há uma dissociação cognitiva: as evidências e fatos entram em choque com valores ou crenças subjetivas, então o negacionista seleciona uma narrativa alternativa para explicar a realidade (Rathsam, 2021).

Para Bruno Latour (2019) a negação do fato, como é o caso do problema de mudanças climáticas negligenciado pelo governo Trump, por exemplo, e das fake news e da pós-verdade, não significa que sejamos menos capazes de raciocinar. Para que os fatos científicos sejam aceitos, é preciso um mundo de instituições respeitadas.

Vilela e Selles debateram o negacionismo científico a partir da provocação de Bruno Latour sobre se “poderíamos ter ‘errado na dose’ em nossas críticas à ciência” (Vilela e Selles, 2020, p. 1740). A intenção das autoras ao aceitar a provocação de Latour também foi “reafirmar a necessidade de um engajamento político que empodere professores e aprendizes nas trajetórias educativas levadas a cabo nas escolas e nos espaços não formais de educação científica” (Vilela e Selles, 2020, p. 1741). Defendem a politização e a crítica à ciência, a prudência nas práticas pedagógicas, aceitando negociar o conhecimento com outras formas de atribuir sentido ao mundo. Acenam para a importância de refletirmos se a nossa educação científica, como ação que se apoia na produção acadêmica da área, não estaria sendo feita por nós para nós mesmos, e que talvez estejamos deixando de endereçá-la aos outros.

Gatti (2020) considera que a crise atual aponta a necessidade de pensarmos a questão planetária e civilizatória e desponta novos valores e a luta pela preservação das vidas. Nesse sentido, a educação tem tudo a ver com a preservação da vida em todos os seus aspectos sociais, ambientais, científicos, culturais, políticos e outros. É ela que pode propiciar a formação de valores de vida com base em conhecimentos, para as novas gerações. É nela que o sentido das aprendizagens é garantido e estamos diante da possibilidade de criação de nova consciência e posturas diante da vida, nas relações, na sociedade, na educação das futuras gerações. “Somos chamados a superar individualismos excessivos e competitividade insana. O cuidado de si adquire sentido no cuidado de todos e no cuidado com o mundo onde vivemos” (Gatti, 2020, p. 39).

Certamente as discussões sobre as relações entre ciência, tecnologia e a sociedade se ampliaram no momento atual, porém reflexões sobre a necessidade de novos paradigmas para a educação têm sido apontados há muito tempo.

## 1. A educação científica a partir da perspectiva CTS

Edgar Morin, em sua obra encomendada pela UNESCO, apontava para os saberes necessários à educação do futuro, destacando que o desafio da educação é:

182

“Fornecer uma cultura que permita distinguir, contextualizar, globalizar os problemas multidimensionais, globais e fundamentais, e dedicar-se a eles; preparar as mentes para responder aos desafios que a crescente complexidade dos problemas impõe ao conhecimento humano; preparar mentes para enfrentar as incertezas que não param de aumentar, levando-as não somente a descobrirem a história incerta e aleatória do universo, da vida, da humanidade, mas também promovendo nelas a inteligência estratégica e a aposta em um mundo melhor” (Morin, 2003, p. 102).

Igualmente, Bernard Charlot também debruça-se sobre os desafios que são colocados à educação no contexto do século XXI e propõe princípios de base para uma educação democrática, salientando a necessidade de que ela se fundamente “na perspectiva do desenvolvimento sustentável e solidário, portanto também uma educação voltada ao meio ambiente, ao conhecimento e ao respeito do patrimônio (...) voltada ao pensamento crítico e racional (...) que leve em conta as evoluções científicas e tecnológicas” (Charlot, 2005, pp. 147-148).

No bojo dessas preocupações a perspectiva CTS (ciência-tecnologia-sociedade) na educação científica, presente na literatura acadêmica da área de educação, vem, ao longo de mais de cinco décadas, promovendo discussões e reflexões sobre as complexas interações entre ciência, tecnologia e sociedade, assumindo diferentes matizes, a depender do momento, contexto e concepções dos seus proponentes.

Aikenhead, em um artigo publicado em 2005, relaciona um conjunto de propostas de currículo CTS, identificadas por diferentes rótulos, como por exemplo: ciência-



tecnologia-cidadania (Kolstø, 2000); ciência para a compreensão pública (Osborne *et al.*, 2003); ciência cidadã (Cross *et al.*, 2000); variações sobre ciência-tecnologia-sociedade-ambiente (Dori e Tal, 2000); ciências escolares ‘transculturais’ (Aikenhead, 2000). Embora essa relação possa ser bastante ampliada, o autor reconhece a convergência dessas várias propostas de currículos CTS em torno de objetivos semelhantes, voltados para uma perspectiva de ‘ciência para todos’ e ‘alfabetização científica’ e melhoria da participação de alunos marginalizados na ciência escolar.

Assim, no decorrer dessas décadas, o enfoque CTS foi se desenvolvendo em diferentes espaços, como campo interdisciplinar, sendo, de certa forma, incorporado na pesquisa acadêmica, nas políticas públicas e na educação (Lopez e Cerezo, 2004). Esse processo, “possibilitou uma tomada de consciência, por parcelas cada vez mais amplas da população, em relação aos problemas ambientais, éticos e de qualidade de vida” (Santos e Mortimer, 2001, p. 96). No entanto, são reconhecidas as desarticulações dessas interações em contextos de ensino e de pesquisa, resultando em assimetrias na configuração de uma perspectiva CTS no campo educacional. E, também, ainda estamos longe de participar de forma democrática das decisões que envolvem ciência e tecnologia, mesmo quando os impactos dessas decisões podem influenciar diretamente nossa vida, haja vista o período pandêmico, que colocou em evidência estas questões.

O próprio enfoque em CTS questiona que debates e decisões sobre ciência e tecnologia estejam restritos à atividade de cientistas e especialistas, e salientam o papel da educação científica e democrática para desenvolver um controle social exercido por parcelas cada vez mais amplas da população (Santos e Mortimer, 2001). Assim, torna-se fundamental que a sociedade como um todo tenha acesso a informações sobre o desenvolvimento científico-tecnológico, para avaliar as suas consequências e, por assim, para poder intervir na tomada de decisões de forma responsável (Santos, 2007; Cachapuz *et al.*, 2005). Nesse sentido, a educação escolar pode vir a ter um papel fundamental.

183

No contexto brasileiro, a perspectiva CTS ganhou profundidade no diálogo com a concepção freiriana de educação, salientando a necessidade de compreender a situação do país no marco do processo de globalização, que reforça relações de opressão, aumenta a desigualdade social e fomenta diversas formas de exclusão, dentre as quais a exclusão tecnológica. Para Auler, a educação deve estar orientada para “propiciar uma leitura crítica do mundo contemporâneo, cuja dinâmica está crescentemente relacionada ao desenvolvimento científico-tecnológico, potencializando para uma ação no sentido de sua transformação” (Auler, 2003, p. 2).

Essa demanda de formação crítica e reflexiva, que surge com a perspectiva CTS, se intensifica no século XXI frente à crise ambiental em escala planetária, que traz em seu bojo problemáticas econômicas, políticas, ecológicas e culturais, e acentua a demanda por uma educação que garanta uma formação crítica e reflexiva.

Nesse contexto de crise é fundamental uma educação científica que estimule o questionamento, a criatividade e a responsabilidade, que incorpore aspectos éticos,

sociais e econômicos, indo ao encontro das primeiras preocupações já identificadas no movimento CTS.

Nessa perspectiva o propósito central da educação CTS, com o significado de educação para cidadania, está no desenvolvimento da capacidade de tomada de decisão na sociedade científica e tecnológica e no desenvolvimento de valores. Por outro lado, é fundamental que a educação científica não seja reduzida aos propósitos da educação CTS, tendo em vista que “outros domínios precisam ser assegurados para que ela alcance seus objetivos que vão além da compreensão das complexas relações CTS” (Santos, 2012, p. 49).

As visões com diferentes graduações sobre a perspectiva CTS em propostas educacionais, currículos e materiais didáticos apresentam maior ou menor destaque a determinadas características ligadas à orientação CTS e que podem levar a diferentes enfoques caso se valorize um olhar mais transdisciplinar, ou uma dimensão mais sociológica da ciência e da tecnologia, ou ainda discussões de questões sociocientíficas.

Essa diversidade de olhares e enfoques deve ser analisada como diferentes maneiras de se inserir uma perspectiva mais crítica de educação científica. É nesse sentido que damos destaque à preocupação levantada por Cachapuz quando afirma que a educação CTS é a que melhor se adapta às novas configurações da sociedade moderna, ao mesmo tempo em que há uma falta de unidade e coerência na literatura sobre o entendimento “CTS”. Segundo o autor, “parte do problema, é a falta de uma estrutura teórica que clarifique orientações de trabalho e ajude a fundamentar de modo consistente os contributos fragmentados em curso, em particular, o trabalho dos professores” (Cachapuz, 2020, p. 175).

184

A partir do contexto delineado, salienta-se a importância da adoção da perspectiva CTS para conseguir desenvolver uma educação científica crítica e reflexiva, que leve em conta os impactos da ciência, que inclua a tecnologia como forma de solucionar problemas sociais, ambientais etc. impactando assim sobre a formação cidadã dentro e fora das escolas. Assim, torna-se necessário problematizar e aprofundar o entendimento sobre as dificuldades e possibilidades de adoção e ampliação dessa perspectiva, e, mais do que isso, desenvolver formas de avaliação de práticas, processos, materiais e programa que se orientem nessa perspectiva para ponderar em que medida conseguem atingi-la.

Para tanto, a pesquisa apresentada neste artigo objetivou construir, num processo colaborativo, uma ferramenta de avaliação de práticas e processos de formação de professores, materiais didáticos e programas educativos. Esta ferramenta pode ser utilizada para orientar processos avaliativos e, ao mesmo tempo, fornecer parâmetros que subsidiem a realização de práticas e processos de formação de professores, produção de materiais didáticos e desenvolvimento de programas educativos, que visem desenvolver uma educação científica crítica e reflexiva na perspectiva CTS.

A construção da ferramenta avaliativa CTS – FACTS caminhou na direção do reconhecimento de uma pluralidade de perspectivas, compreensões, enfoques, mas

igualmente da possibilidade de identificação de pontos de convergência das diferentes visões apresentadas na literatura acadêmica da área de educação em ciências.

## 2. Metodologia da pesquisa

Como apontado acima quando analisamos a literatura acadêmica da área de educação em ciências acerca da temática CTS e da educação científica numa perspectiva crítica e reflexiva encontramos uma amplitude de concepções e visões em uma diversidade de materiais (artigos científicos, livros, trabalhos acadêmicos, etc.) e o nosso desafio inicial na pesquisa, que vimos desenvolvendo desde 2016, foi construir uma síntese de modo a dialogar com o campo.

Assim, a primeira fase da pesquisa foi realizar um levantamento bibliográfico focalizando, nesse amplo leque de visões, os saberes, competências, conhecimentos, práticas etc. orientados ao desenvolvimento de uma educação científica numa perspectiva crítica e reflexiva em abordagens orientadas pelo CTS. A partir da síntese produzida no estudo da literatura foram elaboradas questões para a fase seguinte, em que desenvolvemos um estudo Delphi para conhecer as competências, saberes, conhecimentos, práticas etc. consideradas fundamentais por um grupo de especialistas na área.

O método Delphi é uma técnica de investigação amplamente usada em várias áreas de conhecimento, inclusive a educacional, que permite reunir um conjunto de opiniões de especialistas de diferentes instituições, formações acadêmicas e separados geograficamente, levando à obtenção de consensos, que ajudam a garantir a validade de conteúdo dos resultados sobre temáticas complexas e abrangentes (Linstone e Turoff, 2002; Blanco-López *et al.*, 2015). Tal potencialidade possibilita fazer leituras profundas da realidade e serve de base para uma melhor compreensão dos fenômenos e, principalmente, para orientar a tomada de decisões informadas e transformar a realidade com base nas opiniões dos intervenientes e dos especialistas envolvidos (Marques e Freitas, 2018).

O método é composto por um conjunto de questionários sucessivos, enviados a um painel de especialistas de uma área específica. Entre cada rodada de questionários as respostas são analisadas e resumidas, pelos pesquisadores e reapresentadas aos participantes do painel nos questionários seguintes, de modo que cada um deles possa conhecer e se posicionar em relação à opinião do grupo ao longo do processo (Osborne *et al.*, 2003). Assim, é construído um espaço de reflexividade, no qual se podem criar ideias e reformular opiniões a partir dos feedbacks dos pesquisadores ou da apresentação das novas questões colocadas por outros membros do grupo. Esta técnica de pesquisa permite a interação entre um grupo que dificilmente poderia ser reunido no percurso da pesquisa em torno de um debate comum. Ao longo de sua aplicação, diversas “vozes” cunham um diálogo construtivo sendo possível identificar áreas de consenso e de desacordo entre os participantes sobre o tema ou problema em discussão (Cohen, Manion e Morrison, 2010).

Nessa pesquisa a escolha do painel de especialistas se deu a partir da consulta a associações e sociedade acadêmicas relacionadas às temáticas: educação científica, educação ambiental, CTS. Também foram consultados os Comitês científicos de órgãos de fomento à pesquisa (como CNPq e FAPESP), além de nomes que surgiram do levantamento bibliográfico realizado na fase anterior. Como resultado o painel foi composto por 37 especialistas, pesquisadores da área de educação em ciências da América Latina (Argentina, Brasil, Chile, Colômbia) e Europa (Portugal e Espanha), que refletiram e se posicionaram sobre aspectos de uma educação científica crítica.

Após a submissão da primeira rodada de questionários foram analisadas as respostas e encaminhada a segunda rodada com os respectivos feedbacks. De acordo com o nível de consenso atingido nas respostas, a equipe avaliou a necessidade de uma terceira rodada. Esse estudo permitiu validar as competências identificadas na fase anterior e pela própria característica da técnica, possibilitou a emergência de outras competências, saberes, práticas, conhecimentos, etc., considerados pelos especialistas na temática como fundamentais para desenvolver uma educação científica numa perspectiva crítica e reflexiva.

Após essa etapa se deu a elaboração de indicadores para compor uma ferramenta para avaliar e diagnosticar a situação atual do ensino de ciências na educação básica e na formação de professores de ciências, uma ferramenta avaliativa na perspectiva CTS – FACTS.

186

No momento atual da pesquisa estamos implementando a FACTS para avaliar materiais didáticos de ciências, práticas e processos no âmbito da formação inicial e continuada de professores da área de ciências da natureza. Os conhecimentos produzidos no processo de implementação serão sistematizados e validados com o grupo de professores da educação básica e serão analisados procurando evidenciar as aproximações e os distanciamentos destes com os conhecimentos sistematizados na literatura e a perspectiva dos especialistas da área de educação em ciências sobre os pressupostos e as práticas orientadas para o desenvolvimento de uma educação científica crítica. Espera-se que os resultados permitam diagnósticos junto à área de educação em ciências e elaboração de um quadro de referência para melhoria do ensino e da formação de professores.

### **3. Resultados**

#### **3.1. As etapas de produção de conhecimentos até a FACTS**

Como nossa proposta neste artigo é apresentar os caminhos percorridos até a construção da ferramenta avaliativa na perspectiva CTS, a seguir apresentaremos os resultados que foram sendo obtidos em cada etapa da pesquisa e que nos permitiu chegar a FACTS.

A realização do levantamento bibliográfico em periódicos relevantes na área de educação em ciências para compreender o termo “educação científica crítica” junto à comunidade acadêmica de modo a focalizar a caracterização e delimitação do

conceito de educação científica na perspectiva das inter-relações ciência, tecnologia e sociedade (CTS), foi fundamental na localização de elementos que traziam criticidade para o tema, apoiando-se nos preceitos de uma educação científica crítica e que pudessem contribuir na construção das perguntas para o questionário 1 do método Delphi.

Desse processo levantamos 54 artigos considerados relevantes e que se encaixavam nos critérios de busca, que, foram organizados a partir das seguintes temáticas: i) CTS e formação de professores; ii) CTS e materiais didáticos; iii) CTS e currículo; iv) CTS e ensino de ciências; v) CTS e educação ambiental; vi) estudos sobre CTS.

Elaboramos um guia/matriz de leitura a partir dos seguintes tópicos específicos: 1) apontamentos teórico-metodológicos para os campos/objetos de estudo do projeto de pesquisa; 2) abordagem ou ênfase na análise do CTS ou complexidade; 3) contribuições do texto para pensar a educação científica; 4) aspectos destacados para a construção do questionário Delphi e; 5) educação científica numa perspectiva crítica.

A identificação do sentido atribuída a uma educação científica crítica (ECC) pela área se fez, nesse estudo, a partir dos seguintes elementos presentes no Guia de Leitura: i) objetivos ou funções atribuídas a uma ECC; ii) competências, saberes, conhecimentos e outros elementos presentes no desenvolvimento de uma ECC; e iii) desafios e/ou dificuldades a serem superadas.

187

Nesse estudo foi possível realizar uma caracterização preliminar do que a área de educação em ciências entende como pressupostos de uma educação científica concebida a partir de uma perspectiva CTS. Verificou-se certa convergência, nos artigos analisados, em relação aos elementos identificados e na consideração dos desafios a serem vencidos. O estudo da literatura mostrou que a pluralidade do movimento CTS suporta várias abordagens. Assim, as concepções sobre educação em ciências são orientadas por diferentes pressupostos teóricos que lhes conferem perspectivas mais ou menos críticas, mas há consenso quanto ao seu propósito de promover uma educação mais participativa e cívica. Para isso, defende-se ser importante que nos processos de ensino e aprendizagem, os conhecimentos científicos e tecnológicos estejam interligados e não desvinculados dos contextos sociais e culturais. Os aspectos destacados como competências e práticas a serem desenvolvidas aparecem centrados prioritariamente em proposições que se confundem com as metas e objetivos de uma educação científica efetivamente crítica. Esse estudo da literatura foi sistematizado pelo grupo de pesquisa (EmTeia – Formação de Professores, Ambientalização Curricular e Educação em Ciências), divulgado em evento internacional e publicado em periódico (Pierson *et al.*, 2019).

Como resultado deste estudo, foram construídas oito questões discursivas que compuseram o questionário 1 (Q1), enviado por e-mail a duzentos e vinte e nove (229) especialistas da área de educação científica e crítica, selecionados conforme explicitado na metodologia. Desses especialistas, 100 eram do Brasil, 46 de outros países da América Latina, 27 de Portugal e 56 da Espanha. Contudo, obtivemos

respostas de apenas trinta e sete especialistas (Campos *et al.*, 2019). De cada uma das 37 respostas, às oito questões, foram extraídas as unidades de análise que, segundo Moraes (2003), são os elementos constituintes do texto nos quais deve-se focar, de acordo com os objetivos do trabalho. Estas unidades foram agrupadas e categorizadas e, a partir deste agrupamento, iniciou-se a construção do segundo questionário (Q2).

Nesta segunda rodada, o questionário foi apresentado aos especialistas em forma de afirmativas separadas nas categorias oriundas da análise das respostas do primeiro questionário: i) princípios da educação científica crítica; ii) compreensão da natureza da ciência; iii) metodologias e abordagens; iv) políticas públicas; v) currículo; vi) formação de professores; vii) problemas; viii) avanços e ix) desafios. Nesta etapa, portanto, os especialistas tiveram contato não apenas com as suas próprias ideias, mas com as ideias de todos os que responderam ao primeiro questionário e foram orientados a apresentar o seu grau de concordância ou discordância com cada uma das afirmativas, com cinco possibilidades de respostas, de acordo com a escala Likert: Concordo, Discordo, Concordo parcialmente, Discordo parcialmente, Não concordo e nem discordo.

Figura 1. Exemplo de configuração do questionário 2

### 1. Princípios Educação Científica Crítica

*1.1 Vários pesquisadores indicam pressupostos ou princípios relacionados a uma educação científica crítica. Nesse painel de pesquisadores, a educação científica numa perspectiva crítica deve:*

	D	C	ND/ NC	DP	CP
1.1.1. Contribuir com a compreensão e participação esclarecida e racional do aluno numa sociedade democrática, dando o seu contributo para o desenvolvimento sustentável a nível local, nacional e internacional.					
1.1.2. Possibilitar que o aluno/cidadão reconheça a importância da participação da sociedade na discussão da formulação, execução e avaliação da C&T.					
1.1.3. Inter-relacionar a reflexão (ensino de conceitos, modelos e teorias), que se encontra no âmbito da abstração, com práticas sociais concretas que almejem mudanças sociais para um cenário de maior igualdade.					
1.1.4. Desenvolver interações pedagógicas que façam emergir as diferenças, as limitações e os desafios sociais, possibilitando ao aluno reconhecer e vivenciar implicações políticas e económicas no processo de ensino e divulgação da ciência.					
1.1.5. Fomentar o interesse, a reflexão e o entusiasmo pela Ciência e pela atividade dos cientistas.					
1.1.6. Desenvolver competências relacionadas com a compreensão, os procedimentos e as atitudes científicas.					

O questionário 2 foi encaminhado em formato .doc aos 37 especialistas que responderam ao questionário 1, com o retorno de 11 respostas.

A análise das respostas do questionário 2 teve como meta identificar as afirmativas que obtiveram uma percentagem de respostas “Concordo” maior do que 50%. Nesse caso, considerou-se que havia consenso sobre a ideia ali representada, se a percentagem fosse menor, considerou-se que a resposta não representava um consenso do painel de especialistas.

As respostas que apresentavam consenso foram agrupadas em um novo questionário (Q3) e reencaminhadas aos mesmos 37 especialistas que responderam ao primeiro questionário. Neste terceiro questionário, a escala de concordância diminuiu, a fim de que se filtrasse ainda mais os consensos do painel de especialistas acerca dos princípios de uma Educação Científica Crítica. Se no questionário 2 havia cinco níveis de respostas, nesse questionário havia apenas 3: “Concordo”, “Discordo”, “Não concordo e nem discordo”. Também foram reduzidas as categorias para 3: i) educação científica e sociedade; ii) compreensão da natureza da ciência e iii) metodologias e abordagens.

**Figura 2. Exemplo de configuração do questionário 3**

<b>Pressupostos e princípios que evidenciam uma educação científica crítica e ambiental:</b>				
		<b>D</b>	<b>C</b>	<b>ND/NC</b>
<b>Educação Científica e Sociedade</b>	<b>1.</b> Propicia ao aprendiz a construção de conhecimentos e mecanismos de ação para uma participação consciente no desenvolvimento de uma sociedade sustentável com equidade e justiça social.			
	<i>Comentários:</i>			
	<b>2.</b> Propicia ao aprendiz a aprendizagem de conteúdos que permitam avaliar a perspectiva da ciência e da tecnologia para reconhecer a importância da participação do cidadão nas questões sociais.			
	<i>Comentários:</i>			
	<b>3.</b> Possibilita o estabelecimento de relações entre os processos e resultados da produção científica com as representações e dispositivos de subjetivação da ciência que circulam na sociedade.			
	<i>Comentários:</i>			

189

Nesta terceira e última rodada de questionários, obtivemos 18 respostas. A análise foi realizada da mesma forma que no questionário 2: respostas com mais de 50% de concordância foram consideradas consenso do painel de especialistas; respostas com porcentagens inferiores não foram consideradas consenso.

As análises empreendidas durante o estudo Delphi nos mostraram (Freitas *et al.*, 2019, 2020a, 2020b, 2020c), em linhas gerais, que os pressupostos centrais de uma educação científica crítica apontada pelos especialistas são coerentes com os elementos presentes na educação CTS, que envolvem a compreensão da natureza da ciência, da função social da escola e da educação e desenvolvimento de um processo de pensamento crítico.



Especificamente, ao se expressarem sobre os pressupostos de uma formação científica crítica, os especialistas expressaram ideias que abrangem a concepção de formação científica, os elementos de uma prática docente e de como deve ser o resultado dessa formação no sujeito cidadão. Para esse painel a educação científica crítica é concebida como uma educação cidadã, participativa e emancipatória com o objetivo de transformar a sociedade. Nesse sentido, a apropriação do conhecimento e a construção de uma leitura crítica da realidade torna-se uma estratégia de luta, uma estratégia de transformação da sociedade.

Em relação aos problemas para o desenvolvimento de uma educação científica crítica, os especialistas destacam aspectos relacionados a: políticas públicas (falta de investimentos, criação de programas, dentre outros); constituição do campo (divergências teóricas, distância entre a universidade e a escola); questões estruturais (formação docente, currículo, desmotivação profissional, dentre outros); não investimento no sistema público de ensino; deficiente abordagem da gestão educacional, sem intervenção sistêmica, bem como ausências de políticas consistentes (as presentes são fragmentadas e precárias, com pouco investimento financeiro); decisões políticas pautadas por interesses econômicos que reforçam o status quo e muitas vezes deixam projetos mais inclusivos de lado.

Apontam ainda a falta de organização e infraestrutura de várias ordens: espaço físico (falta de espaço e materiais); condições de trabalho dos professores em vários níveis (sobrecarga física e psicológica, desmotivação profissional, perda salarial, excesso de alunos por professor); estrutura curricular das disciplinas tradicionais e estáticas que causa pouco comprometimento e desmotivação por parte dos alunos.

Em relação aos problemas referentes à constituição do campo foi considerada que a área da educação científica é multirreferencial, possuindo muitos e diversos grupos de pesquisadores e, via de regra, o campo, por vezes, valoriza a criticidade por meio da apropriação de saberes “poderosos” e não propriamente, pelo empoderamento dos sujeitos para a tomada de decisões. Os problemas também se referem a: magnitude e complexidade das mudanças que devem ser adotadas; força e quantidade de interesses que se opõem às mudanças; inércia do modelo dominante de ensino de ciências, obsoleto diante da crise atual; quadros conceituais e práticas de ensino e as ideologias que os orientam. A área ainda é influenciada pelos paradigmas positivistas e economicistas da ciência e, ocasionalmente, se observa falta de comprometimento dos profissionais para a necessária implementação de práticas pedagógicas que considerem objetivos e orçamentos de educação CTS crítica, substituindo a inércia processual das práticas educacionais, que são acentuados pela seleção e pelo planejamento do ensino de forma acrítica e mecânica.

Em contrapartida a respeito das contribuições da educação científica crítica apontaram cinco aspectos principais relacionados aos ganhos que o movimento dialógico entre áreas pode favorecer: articulação entre saberes diversos; possibilidade de ampliar a compreensão social; alteração da visão equivocada da ciência; desenvolvimento de habilidades e competências; enriquecimento da formação de professores. E em relação aos desafios apontam para dois tipos de referências. Por um lado, há quem



fale de desafios intrínsecos ao diálogo, em particular um diálogo complexo que ocorre entre espaços por vezes tão diferentes. Nesse sentido, os especialistas entendem que para dialogar entre as áreas é necessário: maturidade democrática; disposição para aprender com o outro e respeito pelas suas ideias; tratar os diferentes tipos de conhecimento com equidade; e não ter medo de ser superado por outras áreas. Por outro lado, há quem se refira a desafios relacionados às características da escola e da sociedade que acabam dificultando esse diálogo. Assim, na educação escolar, o diálogo é dificultado por vários fatores. Entre eles foram mencionados: organização curricular altamente disciplinar; rigidez na estrutura institucional; falta de apoio político para tornar a escola mais interdisciplinar e criar espaços de inovação curricular e; a necessidade de se criar uma cultura de trabalho em equipe interdisciplinar, para selecionar temas que possam ser tratados nas aulas com a contribuição de várias disciplinas.

Outro aspecto mencionado pelos especialistas refere-se a fatores operacionais ou metodológicos. Nesse sentido, os especialistas consideram um desafio para o espaço escolar: compreender as diferentes linguagens envolvidas; produzir uma verdadeira sinergia entre as diferentes visões e enfrentar a complexidade das situações; encontrar instrumentos que nos permitam perceber que os métodos de produção de conhecimento nas diferentes áreas são idênticos; e construir pontes teóricas entre as áreas. É importante destacar, em relação a este último aspecto, o entendimento de que não se pode realmente ter uma formação científica crítica em moldes interdisciplinares sem ter uma “teoria da educação científica crítica” que permita sua implementação. As atuais abordagens adotadas em sala de aula não favorecem o desenvolvimento da capacidade interpretativa e argumentativa da ciência, nem estimulam o engajamento dos alunos nas questões sociocientíficas com potencial para promover uma participação ativa, democrática e cidadã, um dos pressupostos centrais para uma educação científica crítica.

191

Em relação à formação dos professores os especialistas apontaram a necessidade de uma melhor articulação entre as disciplinas da área específica e a pedagógica no currículo das licenciaturas, uma maior aproximação e diálogo entre a escola e a universidade, assim como para a importância de uma reformulação - epistêmica e metodológica - dos cursos de formação inicial de modo que as experiências e saberes construídos pelo licenciando na graduação se relacionem mais diretamente com a realidade da escola (Santos *et al.*, 2019).

Assim, utilizando as afirmações com maior percentual de concordância, construímos um primeiro esboço da ferramenta, composta por três eixos: Eixo A – Processos de Ensino/Aprendizagem, Eixo B – Visão/Produção de C&T, e Eixo C – Cidadania e Ação e 14 critérios distribuídos entre esses eixos. Freitas, Calafell e Pierson (2022) apresentam o detalhamento de cada um destes eixos e dos critérios.

Nesta primeira versão trabalhamos com a ideia de “Quiz”, em que, para cada um dos critérios, foi atribuída uma pontuação correspondente. Ao final, deveria ser realizada a soma desta pontuação para, então, se obter um determinado nível que indicaria a qualidade do material que se estivesse avaliando.

Figura 3. Primeiro esboço da FACTS

EIXO	CRITÉRIOS		PONTUAÇÃO MÁX.	PONTUAÇÃO ENCONTRADA	
EIXO A - Processos de Ensino/Aprendizagem	01. Os temas emergentes da sociedade são desenvolvidos...	<input type="checkbox"/> com base em uma perspectiva didática crítica. (1 pt)	3 pts		
		<input type="checkbox"/> por meio da abordagem de questões sociocientíficas. (1 pt)			
		<input type="checkbox"/> tendo em vista a tomada de decisões por parte dos alunos. (1 pt)			
	02. Incentiva o pensamento crítico e criativo por meio do desenvolvimento de habilidades de...	<input type="checkbox"/> argumentação. (1 pt)	3 pts		
		<input type="checkbox"/> investigação. (1 pt)			
		<input type="checkbox"/> uso de diferentes linguagens. (1 pt)			
	03. Propõe o desenvolvimento de...	<input type="checkbox"/> projetos	de forma interdisciplinar, envolvendo aspectos...	<input type="checkbox"/> científicos. (0,3 pt)	6,3 pts <i>(computar como três questões diferentes – 2,1 por questão)</i> 3.a (projetos) – 2,1 (0,3 por alternativa) 3.b (temas) – 2,1 (0,3 por alternativa) 3.c (conteúdos) – 2,1 (0,3 por alternativa)
				<input type="checkbox"/> sociais. (0,3 pt)	
		<input type="checkbox"/> temas		<input type="checkbox"/> políticos. (0,3 pt)	
				<input type="checkbox"/> econômicos. (0,3 pt)	
<input type="checkbox"/> conteúdos		<input type="checkbox"/> éticos. (0,3 pt)			
		<input type="checkbox"/> históricos. (0,3 pt)			
04. Favorece a construção de posicionamentos embasados em...	<input type="checkbox"/> argumentos científicos. (1,5 pt)	3 pts			
	<input type="checkbox"/> práticas socialmente relevantes. (1,5 pt)				
			TOTAL MÁX. (EIXO A):	TOTAL ENCONTRADO:	
			15,3		

Esta primeira versão da FACTS foi apresentada em oficinas e minicursos realizados no Brasil e no exterior, direcionados a professores da educação básica e licenciandos. O objetivo destes eventos foi divulgar o instrumento, bem como testar sua clareza e funcionalidade. Esta etapa mostrou-se de grande importância, pois ela evidenciou algumas fragilidades da primeira versão da FACTS.

192

A primeira delas foi a ausência de critérios que avaliassem currículo e abordagens metodológicas. Estes elementos permearam as respostas dos especialistas do painel, mas, por não haver consenso, acabaram ficando de fora desta primeira versão. Foram detectados problemas com relação à redação de alguns critérios, o que dificultava a compreensão por parte de alguns dos usuários da ferramenta. A ação resultante destas constatações foi a mobilização da equipe de pesquisa na busca de especialistas considerados referência no campo da educação científica crítica para a realização de entrevistas, a fim de aprofundar alguns critérios e propor outros que pudessem abordar elementos importantes e que não haviam aparecido nas etapas anteriores. Foram realizadas dezesseis entrevistas, que foram posteriormente analisadas e delas extraídos mais dois novos critérios e diversos aprofundamentos de critérios já existentes para completar a ferramenta.

Outro aspecto identificado como problemático na primeira versão da ferramenta foi a utilização de uma pontuação numérica para ranquear os materiais. O principal questionamento foi com relação ao número de pontos que o material precisaria obter para ser classificado como “bom” ou “ruim” com relação à educação científica crítica. Ora, se a proposta era criar um instrumento de avaliação inovador, capaz de promover mudanças, era razoável que se pensasse em um sistema de avaliação também inovador e que considerasse o caráter qualitativo destes materiais. Foi então que a equipe de pesquisadores se debruçou nos estudos sobre as rubricas de avaliação.

Assim, os critérios foram reformulados em termos de evidências e indicadores para definir os níveis de desenvolvimento e facilitar a emissão de julgamentos de avaliação. A matriz foi complementada com uma escala de avaliação qualitativa: iniciante, aprendiz, especialista, avançado, além de um nível denominado “Não apresenta”, para ser utilizado quando o material não apresentar nada relacionado ao critério (Freitas, Calafell e Pierson, 2022).

### 3.2. As rubricas como modelo potente para a construção da FACTS

As rubricas são instrumentos de medição que permitem determinar a qualidade de um programa a partir da definição de critérios e níveis de realização. A sua utilização permite qualificar aspectos curriculares por vezes complexos e subjetivos (Zazueta e Herrera, 2008). Embora inicialmente tenham sido concebidos apenas na perspectiva da avaliação do professor, têm cada vez mais um caráter instrutivo, pois estão conectados com as expectativas dos alunos (Ayllón, Alsina e Colomer, 2019). Ao mesmo tempo, as rubricas fornecem e descrevem diferentes níveis qualitativos de execução que podem favorecer a autoavaliação e a reflexão metacognitiva (Panadero, Alonso e Huertas, 2014).

O uso de rubricas como ferramenta para analisar o design e o conteúdo dos programas ainda é pouco explorado, mas seu uso é referenciado pela eficácia de dar valor a um produto ou processo de avaliação por diferentes motivos. Segundo Alcón, Ménéndez e Arbesu (2017, p. 123):

- São sistemas de avaliação baseados em critérios ou padrões referenciados, que servem como diretrizes ou referências quando se pensa em conceitos complexos a estabelecer, como a qualidade educacional;
- permitem avaliação quantitativa e qualitativa, o que ajuda a emitir diagnósticos mais precisos;
- estabelecem diferentes níveis de cumprimento dos critérios ou padrões estabelecidos e, portanto, auxiliam na emissão de diagnósticos precisos;
- sua criação é, ou deveria ser, fruto do trabalho colaborativo e do consenso de um grupo profissional comprometido com a qualidade educacional;
- são recursos que podem, e devem, ser adaptados aos contextos educativos específicos em que serão aplicados.

A rubrica, embora tenha uma finalidade avaliativa de atribuir valor a um programa, um material ou uma atividade, incorpora igualmente, uma perspectiva formativa ou autorreguladora da avaliação. Nesse sentido, a rubrica é um instrumento que permite avaliar a partir de um processo reflexivo e aborda o conceito de pesquisa avaliativa definido por Rossi e Freeman (1993) como a aplicação sistemática de procedimentos de pesquisa social para avaliar a conceituação, o desenho, a implementação e utilidade dos programas de intervenção social. Ou o que Mateo e Vidal (1997) definem como um processo ou conjunto de processos de obtenção e análise de informações em que podem fundamentar juízos de valor sobre o objeto, fenômeno ou processo, como suporte para uma eventual decisão sobre o próprio processo.

A avaliação dos programas de formação é fundamental porque, como afirma Sanmartí (2010), se a avaliação não mudar, dificilmente algo mudará, pois para promover mudanças é preciso partir das mudanças de paradigma sobre o que entendemos por avaliar na educação. A principal finalidade de utilização de rubricas para a avaliação de programas é compartilhar critérios claros de avaliação, com diferenciados níveis de obtenção, especificados por meio de descritores qualitativos ou quantitativos. A construção dos desenhos das rubricas contribui, quando realizada por meio de uma construção coletiva, para a explicitação dos aspectos chaves a serem priorizados em função dos objetivos de cada programa, de maneira a reduzir ambiguidades e/ou diferentes compreensões, ensejando a constituição de consensos que venham a favorecer a implementação de novos paradigmas educacionais. Por fim, a avaliação com base na rubrica como instrumento não deve se limitar ao preenchimento de uma matriz, devendo cada expressão de valor atribuído a cada item ser complementada a partir da elaboração de um relatório de avaliação com as informações consideradas mais significativas. Na rubrica como instrumento de reflexão avaliativa dos programas, converge a dupla dimensão formativa e somativa da pesquisa avaliativa. Do ponto de vista formativo, o objetivo é entender e melhorar o programa. Do ponto de vista somativo, o objetivo busca sintetizar, descobrir ou julgar os resultados de um determinado programa e tomar decisões sobre sua continuidade.

A aplicação de rubricas como processos investigativos e de reflexão avaliativa de um programa educacional pode ter diversos propósitos dependendo do contexto sociocultural em que é proposto, do público da pesquisa avaliativa e do grupo que toma a iniciativa avaliativa. Alguns dos propósitos da reflexão avaliativa do programa são especificados por Tiana (1997):

- Pela própria instituição, conhecendo a eficácia de um programa que implementa e introduzindo modificações substanciais, se necessário;
- identificar os problemas que o programa tem em ação para que as informações coletadas possam ser utilizadas para o desenho de outros programas;
- em contextos piloto, identificar os resultados inesperados de um programa para sua modificação e aumentar sua eficácia;
- identificar alterações nos resultados de programas associados a contextos de aplicação;
- rever a relevância e validade dos princípios em que se baseia o programa.

Para que a rubrica valorize programas, atividades ou projetos educacionais, o instrumento é configurado com uma escala de qualidade. Esta escala é composta por diferentes níveis e cada nível especifica diferentes características que permitem qualificar de acordo com os critérios definidos (Zarzueta e Herrera, 2008). O desenho operacional, claro e geralmente acordado dos critérios de avaliação favorece as rubricas como um instrumento com claras vantagens quando incorporado em qualquer processo de ensino e aprendizagem, uma vez que traz benefícios para professores e alunos.

### **3.3. A matriz da ferramenta avaliativa na perspectiva CTS – FACTS**

Considerando as referências estudadas pela equipe acerca das rubricas, foi realizada uma nova etapa, agora de adequação do primeiro esboço da ferramenta a este novo formato. Os critérios foram reformulados em termos de evidências e indicadores para definir os níveis de desenvolvimento e facilitar a emissão de julgamentos de avaliação. A matriz foi complementada com uma escala de avaliação qualitativa: iniciante, aprendiz, especialista, avançado, além de um nível denominado “Não apresenta”, para ser utilizado quando o material não apresentar nada relacionado ao critério.

A ferramenta que apresentamos neste tópico está, atualmente, disponibilizada em um site<sup>1</sup> de acesso livre e vem sendo utilizada em oficinas com licenciandos e professores de educação básica. Compreendendo a produção de conhecimento como algo dinâmico e contextualizado, entende-se que a FACTS ainda poderá passar por reformulações caso sejam detectadas novas fragilidades.

---

1. Mais informações em: [facts.ufscar.br](http://facts.ufscar.br).

Tabela 1. Rubrica FACTS - Ferramenta Avaliativa Ciência, Tecnologia e Sociedade

EIXO	CRITÉRIOS	NÍVEL 4 (EXPERT)	NÍVEL 3 (AVANÇADO)	NÍVEL 2 (APRENDIZ)	NÍVEL 1 (PRINCIPANTE)	NÍVEL 0 (NÃO APRESENTA)
EIXO A - Processos de Ensino/Aprendizagem	1 Abordagem dos temas emergentes da sociedade	Desenvolve considerando uma perspectiva crítica por meio de <b>ações transformadoras</b> , por meio da <b>abordagem de questões sociocientíficas e de problemas de realidade problemática</b> , incorporando necessariamente a análise de necessidades por parte dos alunos.	Desenvolve considerando uma perspectiva crítica por meio de <b>ações transformadoras</b> , por meio da <b>abordagem de questões sociocientíficas e de problemas de realidade problemática</b> , incorporando necessariamente a análise de necessidades por parte dos alunos.	Desenvolve considerando uma perspectiva crítica por meio da <b>abordagem de questões sociocientíficas e de problemas de realidade problemática</b> , incorporando necessariamente a análise de necessidades por parte dos alunos.	Apresenta a partir de questões emergentes da sociedade, em forma crítica, sem problematizar ou se preocupar com a tomada de decisões por parte dos alunos.	Avulsa de temas emergentes da sociedade.
	2 Incentivo ao pensamento crítico e criativo	Mediante: I) o desenvolvimento de habilidades de argumentação, de investigação e de uso de fontes confiáveis; II) o uso de evidências para justificar as tomadas de agir e de tomar decisões; III) leitura crítica da informação e de discursos que denotem desigualdades e assimetrias na construção de discursos contrários a tais posicionamentos.	Baseado em <b>dois</b> dos três itens abaixo: I) o desenvolvimento de habilidades de argumentação, de investigação e de uso de fontes confiáveis; II) o uso de evidências para justificar as tomadas de agir e de tomar decisões; III) leitura crítica da informação e de discursos que denotem desigualdades e assimetrias na construção de discursos contrários a tais posicionamentos.	Baseado em <b>um dos</b> três itens abaixo: I) o desenvolvimento de habilidades de argumentação, de investigação e de uso de fontes confiáveis; II) o uso de evidências para justificar as tomadas de agir e de tomar decisões; III) leitura crítica da informação e de discursos que denotem desigualdades e assimetrias na construção de discursos contrários a tais posicionamentos.	Incentivo ao pensamento crítico e criativo sem levar em consideração as necessidades dos alunos.	Pensamento crítico e criativo não são incentivados.
	3 Proposta ou desenvolvimento de um projeto interdisciplinar	Conteúdos, temas e projetos incorporam relações <b>entre duas ou mais áreas de conhecimento</b> (política, econômica, ética ou estética).	Conteúdos, temas e projetos incorporam relações <b>entre duas ou mais áreas de conhecimento</b> (política, econômica, ética ou estética).	Conteúdos, temas e projetos incorporam relações <b>entre duas ou mais áreas de conhecimento</b> (política, econômica, ética ou estética).	Conteúdos, temas e projetos incorporam relações <b>entre duas ou mais áreas de conhecimento</b> (política, econômica, ética ou estética).	Não desenvolve conteúdos, temas e projetos com um enfoque interdisciplinar.
	4 Incentivo à tomada de posição	Favorece a criação de espaços e oportunidades de afirmação individual, coletiva e coletiva para a construção de posicionamentos, baseados no diálogo e confronto de argumentos científicos e tecnológicos, <b>visões, opiniões, atitudes e práticas socialmente relevantes</b> .	Favorece a criação de espaços e oportunidades de afirmação individual, coletiva e coletiva para a construção de posicionamentos, baseados no diálogo e confronto de argumentos científicos e tecnológicos, <b>visões, opiniões, atitudes e práticas socialmente relevantes</b> .	Favorece a criação de espaços e oportunidades de afirmação individual, coletiva e coletiva para a construção de posicionamentos, baseados no diálogo e confronto de argumentos científicos e tecnológicos, <b>visões, opiniões, atitudes e práticas socialmente relevantes</b> .	Favorece a criação de espaços e oportunidades de afirmação individual ou coletiva para a construção de posicionamentos.	Não favorece o reconhecimento e a construção de posicionamentos.
	5 Abordagens metodológicas específicas	Enfatiza o componente experimental das oficinas metodológicas de ensino e de aprendizagem que envolvem: I) um <b>viés</b> voltado do conhecimento para incluir a <b>voz</b> dos alunos; II) os modos <b>investigativos</b> das oficinas; III) as <b>competências metacognitivas</b> ; IV) a <b>formação de processos coletivos</b> e de trabalhos em grupo; V) o uso do <b>espaço da cidade</b> como contexto educativo; VI) estímulo para <b>perguntas e práticas</b> criativas.	Enfatiza o componente experimental das oficinas metodológicas de ensino e de aprendizagem que envolvem: I) um <b>viés</b> voltado do conhecimento para incluir a <b>voz</b> dos alunos; II) os modos <b>investigativos</b> das oficinas; III) as <b>competências metacognitivas</b> ; IV) a <b>formação de processos coletivos</b> e de trabalhos em grupo; V) o uso do <b>espaço da cidade</b> como contexto educativo; VI) estímulo para <b>perguntas e práticas</b> criativas.	Enfatiza o componente experimental das oficinas metodológicas de ensino e de aprendizagem que envolvem: I) um <b>viés</b> voltado do conhecimento para incluir a <b>voz</b> dos alunos; II) os modos <b>investigativos</b> das oficinas; III) as <b>competências metacognitivas</b> ; IV) a <b>formação de processos coletivos</b> e de trabalhos em grupo; V) o uso do <b>espaço da cidade</b> como contexto educativo; VI) estímulo para <b>perguntas e práticas</b> criativas.	Enfatiza o componente experimental das oficinas de natureza, adotando pelo menos <b>uma</b> das metodologias de ensino e de aprendizagem apontadas: I) um <b>viés</b> voltado do conhecimento para incluir a <b>voz</b> dos alunos; II) os modos <b>investigativos</b> das oficinas; III) as <b>competências metacognitivas</b> ; IV) a <b>formação de processos coletivos</b> e de trabalhos em grupo; V) o uso do <b>espaço da cidade</b> como contexto educativo; VI) estímulo para <b>perguntas e práticas</b> criativas.	Não prioriza a adoção das abordagens metodológicas específicas apontadas para o ensino e a aprendizagem de Ciências.
	6 Currículo considera o espaço político e a educação científica cidadã para a organização do processo de ensino aprendizagem em perspectiva hegemônica e fragmentada do conhecimento.	O currículo se apresenta: I) estruturado menos por conteúdos e mais por <b>eixos temáticos</b> relacionados a problemas reais da sociedade; II) flexível e aberto para <b>permitir a inclusão de demandas e necessidades</b> por parte da comunidade e escolar; III) comprometido com a <b>construção de múltiplas competências</b> para cidadãos críticos, participativos, questionadores da lógica consumista da sociedade e empoderados para <b>resolver problemas</b> e participar de processos decisórios.	O currículo se apresenta <b>em</b> dos seguintes aspectos apontados: I) estruturado menos por conteúdos e mais por <b>eixos temáticos</b> relacionados a problemas reais da sociedade; II) flexível e aberto para <b>permitir a inclusão de demandas e necessidades</b> por parte da comunidade e escolar; III) comprometido com a <b>construção de múltiplas competências</b> para cidadãos críticos, participativos, questionadores da lógica consumista da sociedade e empoderados para <b>resolver problemas</b> e participar de processos decisórios.	O currículo se apresenta <b>em</b> dos seguintes aspectos apontados: I) estruturado menos por conteúdos e mais por <b>eixos temáticos</b> relacionados a problemas reais da sociedade; II) flexível e aberto para <b>permitir a inclusão de demandas e necessidades</b> por parte da comunidade e escolar; III) comprometido com a <b>construção de múltiplas competências</b> para cidadãos críticos, participativos, questionadores da lógica consumista da sociedade e empoderados para <b>resolver problemas</b> e participar de processos decisórios.	O currículo pode se apresentar estruturado por conteúdos e/ou por temas relacionados a problemas reais da sociedade e nem busca romper com a perspectiva hegemônica e fragmentada do conhecimento.	O currículo não se apresenta estruturado por eixos temáticos relacionados a problemas reais da sociedade e nem busca romper com a perspectiva hegemônica e fragmentada do conhecimento.

EIXO	CRITÉRIOS	NÍVEL 4 (EXPERT)	NÍVEL 3 (AVANÇADO)	NÍVEL 2 (APRENDIZ)	NÍVEL 1 (PRINCIPIANTE)	NÍVEL 0 (NÃO APRESENTA)
EIXO B – VISÃO E PERCEÇÃO DE C&T NA SOCIEDADE	7	<p>A construção do conhecimento científico e tecnológico pelos alunos:</p> <p>i) leva em consideração o papel da História, Filosofia e Sociologia da Ciência;</p> <p>ii) <b>relaciona</b> os diferentes procedimentos e finalidades da C&amp;T;</p> <p>iii) pressupõe a relação de dependência e independência entre eles, numa perspectiva da Tecnocência.</p>	<p>Para a construção do conhecimento científico e tecnológico pelos alunos, <b>enfatiza dois</b> dos aspectos apontados:</p> <p>i) leva em consideração o papel da História, Filosofia e Sociologia da Ciência;</p> <p>ii) <b>relaciona</b> os diferentes procedimentos e finalidades da C&amp;T;</p> <p>iii) pressupõe a relação de dependência e independência entre eles, numa perspectiva da Tecnocência.</p>	<p>Para a construção do conhecimento científico e tecnológico pelos alunos, enfatiza <b>um</b> dos aspectos apontados:</p> <p>i) leva em consideração o papel da História, Filosofia e Sociologia da Ciência;</p> <p>ii) <b>relaciona</b> os diferentes procedimentos e finalidades da C&amp;T;</p> <p>iii) pressupõe a relação de dependência e independência entre eles, numa perspectiva da Tecnocência.</p>	<p>A construção do conhecimento científico e tecnológico pelos alunos é apreendida apenas pela <b>identificação</b> de seus procedimentos.</p>	<p>Não leva em consideração, para a construção de conhecimentos científicos e tecnológicos pelos alunos, nenhum dos aspectos apontados.</p>
	8	<p>Estabelece articulações entre a Ciência &amp; Tecnologia e suas representações que circulam na sociedade, considerando as correlações entre os processos e resultados da produção científica, <b>sem hierarquizar</b> a importância dos resultados sobre os processos.</p>	<p>Estabelece articulações entre a Ciência &amp; Tecnologia e suas representações que circulam na sociedade, considerando os processos e os resultados da produção científica, <b>hierarquizando</b> a importância dos resultados sobre os processos.</p>	<p>Estabelece articulações entre a Ciência &amp; Tecnologia e suas representações que circulam na sociedade, <b>considerando somente</b> os resultados da produção científica.</p>	<p>Apresenta exemplificações de representações da Ciência &amp; Tecnologia que circulam na sociedade, <b>sem articular</b> com os processos e resultados da produção científica.</p>	<p>Não possibilita articulações entre a Ciência &amp; Tecnologia e suas representações que circulam na sociedade.</p>
	9	<p>Reconhece a C&amp;T como práticas contextualizadas <b>em pelo menos quatro</b> das seguintes dimensões: política, econômica, social, cultural e ambiental, possibilitando uma percepção mais complexa dos fenômenos.</p>	<p>Reconhece a C&amp;T como práticas contextualizadas em <b>três</b> das seguintes dimensões: política, econômica, social, cultural e ambiental.</p>	<p>Reconhece a C&amp;T como práticas contextualizadas em <b>duas</b> das seguintes dimensões: política, econômica, social, cultural e ambiental.</p>	<p>Reconhece a C&amp;T como práticas contextualizadas, em <b>uma</b> das seguintes dimensões: política, econômica, social, cultural e ambiental.</p>	<p>Não reconhece a C&amp;T como práticas contextualizadas.</p>
	10	<p>Caracterização da C&amp;T como construção social, <b>produtiva</b> de sentidos e significados em contextos históricos e/ou ideológicos específicos, em que pesem questões sobre as relações de poder (econômicas, étnico-raciais, de gênero) na produção do conhecimento.</p>	<p>Compreende a C&amp;T como uma construção social, <b>produtiva</b> de sentidos e significados em contextos históricos e/ou ideológicos específicos.</p>	<p>Compreende a C&amp;T como uma construção social, <b>localizada</b> em contextos históricos e/ou ideológicos específicos.</p>	<p>Define a C&amp;T como uma construção social <b>sem, entretanto, destacar</b> qualquer contexto histórico e/ou ideológico específico.</p>	<p>Não compreende a C&amp;T como construção social.</p>
	11	<p>Apresenta discursos críticos acerca dos interesses e para quem se destina a C&amp;T, problematizando a não equidade na valorização do conhecimento a ser produzido, <b>relecionando</b> a não neutralidade e a indeterminação da C&amp;T e/ou da educação científica.</p>	<p>Apresenta discursos críticos acerca dos interesses e para quem se destina a C&amp;T, problematizando a não equidade do conhecimento a ser produzido, <b>relecionando</b> a não neutralidade e a indeterminação da C&amp;T e/ou da educação científica.</p>	<p>Apresenta discursos críticos pertinentes, sobre a não neutralidade da C&amp;T e/ou da educação científica.</p>	<p>Apresenta <b>apenas afirmações</b>, referentes à não neutralidade da C&amp;T e/ou da educação científica.</p>	<p>Não enuncia a visão da não neutralidade da C&amp;T e/ou da educação científica.</p>

EIXO	CRITÉRIOS	NÍVEL 4 (EXPERT)	NÍVEL 3 (AVANÇADO)	NÍVEL 2 (APRENDIZ)	NÍVEL 1 (PRINCIPIANTE)	NÍVEL 0 (NÃO APRESENTA)	
EIXO C - Cidadania/Ação	12	Participação consciente e crítica no desenvolvimento da sociedade	Propicia aprendizagens que permitam uma participação consciente e crítica no desenvolvimento de uma sociedade a partir da construção de conhecimentos, valores ou experiências de ação que levem em consideração <b>dois</b> dos conceitos de sustentabilidade, equidade e justiça social.	Propicia aprendizagens que permitam uma participação consciente e crítica no desenvolvimento de uma sociedade a partir da construção de conhecimentos, valores ou experiências de ação que levem em consideração <b>um</b> dos conceitos de sustentabilidade, equidade e justiça social.	Defende uma participação consciente e crítica no desenvolvimento de uma sociedade a partir da construção de conhecimentos, valores ou experiências de ação, embora não fundamentada em <b>nenhum</b> dos conceitos de sustentabilidade, equidade e justiça social.	Não estimula a participação consciente e crítica no desenvolvimento da sociedade	
	13	Participação cidadã em questões envolvendo conhecimentos da Tecnociência	Propicia aprendizagens que permitam avaliar a perspectiva <b>quanto</b> da Ciência e Tecnologia para uma participação cidadã em questões envolvendo conhecimentos científico-tecnológicos, bem como estimulando a participação em agendas de pesquisa.	Propicia aprendizagens que permitam empregar <b>dois</b> a avaliar a perspectiva da Ciência e Tecnologia para uma participação cidadã em questões envolvendo conhecimentos científico-tecnológicos.	Propicia aprendizagens que permitam empregar <b>um</b> a avaliar a perspectiva da Ciência e Tecnologia para uma participação cidadã em questões envolvendo conhecimentos científico-tecnológicos.	Não estimula a participação cidadã em questões envolvendo conhecimentos da Tecnociência.	
	14	Impactos da Ciência e Tecnologia	Para a análise dos impactos da Ciência e Tecnologia nas decisões atuais e/ou projeções de ações futuras, inclui, no processo de ensino-aprendizagem, os conceitos de risco, princípio da precaução e controvérsia.	Para a análise dos impactos da Ciência e Tecnologia nas decisões atuais e/ou projeções de ações futuras, inclui, no processo de ensino-aprendizagem, <b>dois</b> dos conceitos: risco, princípio da precaução e controvérsia.	Para a análise dos impactos da Ciência e Tecnologia nas decisões atuais e/ou projeções de ações futuras, inclui, no processo de ensino-aprendizagem, <b>um</b> dos conceitos: risco, princípio da precaução e controvérsia.	Não apresenta a análise dos impactos da C&T.	
	15	Construção de identidade / pertencimento (inclusão) e de valores	Orienta a reflexão, incentivando a construção de identidade / pertencimento e de valores como responsabilidade, solidariedade e colaboração.	Orienta a reflexão, incentivando a construção de identidade / pertencimento e o desenvolvimento de <b>dois</b> dos valores: responsabilidade, solidariedade e colaboração.	Orienta a reflexão, incentivando a construção de identidade / pertencimento e o desenvolvimento de <b>um</b> dos valores: responsabilidade, solidariedade e colaboração.	Orienta a reflexão, incentivando a construção de identidade / pertencimento.	Não apresenta reflexões que incentivem a construção de identidade / pertencimento (inclusão) e de valores.
	16	Perspectivas democráticas e emancipatórias para escolhas individuais	Apresenta diferentes pontos de vista em relação a questões ambientais e socialmente relevantes, com espaços para os indivíduos exprimirem sua humanidade.	Apresenta diferentes pontos de vista em relação a questões ambientais <b>ou</b> socialmente relevantes, com espaços para os indivíduos exprimirem sua humanidade.	Apresenta pontos de vista diversos mas não relacionados em relação a questões ambientais e questões emergentes socialmente relevantes.	Apresenta um único ponto de vista em relação a questões sociais <b>ou</b> questões ambientais.	Não apresenta reflexões sobre perspectivas democráticas e emancipatórias para escolhas individuais



## **Algumas considerações**

Percorrido um longo e intenso caminho de pesquisa até alcançarmos a construção da FACTS, consideramos que ela é um importante instrumento para avaliar e induzir propostas educacionais que se alinhem a uma perspectiva crítica e reflexiva. Por isso, tem-se aplicado o instrumento FACTS em diferentes contextos educativos para avaliar sua usabilidade. Temos observado em oficinas e workshops ministrados até aqui uma apropriação da FACTS por parte de professores e licenciandos que, ao utilizarem este instrumento, expressam suas percepções e interpretações críticas sobre os materiais didáticos analisados, bem como refletem de que forma a ferramenta avaliativa pode auxiliá-los na escolha de materiais a serem utilizados em sala de aula.

Um fato que nos deixou bastante encorajados com o potencial da ferramenta avaliativa para uso na formação de professores e futuramente na educação básica foi constatar certa aproximação entre as visões dos especialistas e a dos professores. Ou seja, consideramos que essas sinergias são importantes quando se ambiciona mudanças na educação rumo a uma transformação e superação de paradigmas mais tradicionais.

A FACTS ainda está sob testes, sendo aplicada em cursos de licenciatura, cursos de extensão para professores e professoras, oficinas e workshops. É possível que ela ainda passe por ajustes para melhor se adequar às necessidades dos usuários, bem como às do grupo de pesquisa. No entanto, não há dúvida de que sua utilização tem produzido reflexões importantes, que avançam e aprofundam discussões do campo da educação em ciências.

199

## **Financiamento**

A pesquisa referente recebeu apoio das agências brasileiras de fomento à pesquisa – CNPq: Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico e FAPESP: Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo

## **Referências bibliográficas**

Aikenhead, G.S. (2005). Research into STS Science Education. *Educación Química*, 16, 384-397.

Alcón, L. M., Menéndez, V. J. L. e Arbesú, G. M. I. (2017). “Closing the Loop”: Rúbricas en la evaluación de programas académicos. *Obs. Rev. Electrónica Didáctica Artes*, 11, 115–130.

Auler, D. (2003). Alfabetização científico-tecnológica: um novo “paradigma”? *Ensaio - Pesquisa em Educação em Ciências*, 5(1), 68-83.

Ayllón, S., Alsina, Á. e Colomer, J. (2019). Teachers' involvement and students' self-efficacy: Keys to achievement in higher education. *PLoS ONE*, 14, 1-11.

Blanco-López, A. et al. (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.

Cachapuz, A. (2020). Desafios de la Educación CTSA en la década del 2020. *Boletim da AIA – CTS*, 12 (edição especial), 173-177.

Cachapuz, A., Gil-Perez, D., de Carvalho, A. M. P., Praia, J. e Vilches, A. (2005). A necessária renovação do ensino das ciências. São Paulo: Cortez.

Campos, L. M. L., Miranda, E. M., Diniz, R. E. S. e Kapp, A. M. (2019). Perspectivas para a educação científica: o que dizem especialistas da área de ensino de ciências. *Indagatio Didactica*, 11, 771-786.

Charlot, B. (2005). Relação com o Saber, Formação dos Professores e Globalização. *Questões para a educação de hoje*. Porto Alegre: Artmed.

Cohen, I., Manion, I. e Morrison, K. (2010). *Research methods in education*. Londres: Routledge.

200

Dori, Y. J. e Tal, R. T. (2000). Formal and informal collaborative projects: Engaging in industry with environmental awareness. *Science Education*, 84, 95-113.

Freitas, D., Calafell, G. e Pierson, A. H. C. (2020b). Avaliação de processos e produtos da educação científica crítica: a construção coletiva de uma ferramenta avaliativa numa perspectiva CTS e complexidade. Em *Anais do VII Seminário Iberoamericano CTS*.

Freitas, D., Calafell, G. e Pierson, A. H. C. (2022). A Rubric to Evaluate Critical Science Education for Sustainability. *Sustainability*, 14(14), 1-19.

Freitas, D., Correa, J. C., Gomes, T. H. P., Coito, D. F. e Marques, J. B. V. (2020c). A inserção da abordagem CTS em um curso de formação de professores de ciências: o que dizem os licenciandos envolvidos numa experiência didática. Em *Anais do VII Seminário Iberoamericano CTS*.

Freitas, D., Pierson, A. H. C., Calafell, G., Galvão, C. e Kalali, F. (2020a). Aplicação de uma ferramenta avaliativa para analisar materiais didáticos voltados para uma educação científica numa perspectiva crítica. Em *Anais do VII Seminário Iberoamericano CTS*.

Freitas, D., Pierson, A. H. C., Correa, J. C., Gomes, T. H. P. e Marques, J.B.V. (2019). Educação Científica Crítica: As Contribuições de Especialistas da Área. *Indagatio Didactica*, 11, 751-769.

- Gatti, B. A. (2020). Possível reconfiguração dos modelos educacionais pós-pandemia. *Estudos Avançados*, 34(100), 29-41.
- Kolstø, S.D. (2000). Consensus projects: teaching science for citizenship. *International Journal of Science Education*, 22(6), 645-664.
- Latour, B. (2019). O sentimento de perder o mundo, agora, é coletivo. *El País*, 29 de março. Disponível em: [https://brasil.elpais.com/brasil/2019/03/29/internacional/1553888812\\_652680.html](https://brasil.elpais.com/brasil/2019/03/29/internacional/1553888812_652680.html).
- Linstone, H. A. e Turoff, M. (2002). *The Delphi method: Techniques and applications*. Newark: New Jersey Institute of Technology. Disponível em: <https://web.njit.edu/~turoff/pubs/delphibook/index.html>.
- López, J. L. L. e Cerezo, J. A. L. (2004). De la promoción a la regulación. El conocimiento científico en las políticas públicas de Ciencia e Tecnología. Em J. L. Luján e J. Echeverría (Coords.), *Gobernar los riesgos: ciencia y valores en la sociedad del riesgo* (254-272). Madrid: Biblioteca Nueva/Organização dos Estados Ibero-americanos.
- Marques, J. B. V. e Freitas, D. (2018). Método DELPHI: caracterização e potencialidades na pesquisa em Educação. *Pro-Posições*, 29(2), 389-415.
- Mateo, A. e Vidal, M. C. (1997). *Enfocaments, mètodes i àmbits de la investigació psicopedagògica*. Barcelona: UOC.
- Moraes, R. (2003). Uma tempestade de luz: A compreensão possibilitada pela análise textual discursiva. *Ciência & Educação*, 9(2), 191-211.
- Morin, E. (2003). *A cabeça bem feita: repensar a reforma, reformar o pensamento*. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil.
- Morin, E. (2020). Um festival de incertezas. *Revista Espiral*, (4), 5-12.
- Osborne, C. S., Ratcliffe, M., Millar, R. e Duschl, R. (2003). What "Ideas-about-Science" should be taught in school science? A Delphi study of the expert community. *Journal of Research in science teaching*, 40(7), 692-720.
- Panadero, E., Alonso-Tapia, J. e Huertas, J. A. (2014). Rubrics vs. Self-assessment Scripts: Effects on First Year University Students' Self-regulation and Learning. *Infanc. Aprendiz. J. Study Educ. Dev.*, 37, 149-183.
- Pierson, A. H. C., Dias, L. C. C., Correa, J. C., Fagá, I. T. e Tognon, S. C. C. (2019). Contribuições da revisão bibliográfica para embasar a compreensão da educação científica no âmbito de um projeto de pesquisa. *Indagatio Didactica*, 11, 233-251.
- Rathsam, L. (2021). Negacionismo na pandemia: a virulência da ignorância. *Cultura e Sociedade*. Disponível em: <https://www.unicamp.br/unicamp/noticias/2021/04/14/negacionismo-na-pandemia-virulencia-da-ignorancia>.

Rossi, P. H. e Freeman, H. E. (1993). *Evaluation, a systemic approach*. Londres: Newbury Park.

Sanmartí, N. (2010). *Avaluar per aprendre. L'avaluació per millorar els aprenentatges de l'alum- nat en el marc del currículum per competències*. Generalitat de Catalunya, Departament d'Educació, 1-36.

Santos, M., Prudêncio, C. A. V., Silva, M. D., Dias, I. R. e Correia, E. L. P. (2019). *A perspectiva CTS na formação inicial de professores de Ciências e Biologia: o que dizem especialistas da área*. *Indagatio Didactica*, 11, 401-412.

Santos, W. L. P. (2007). *Educação científica na perspectiva de letramento como prática social: funções, princípios e desafios*. *Revista Brasileira de Educação*, 12(36), 474-492.

Santos, W. L. P. (2012). *Educação CTS e Cidadania: Confluências e diferenças*. *AMAZÔNIA - Revista de Educação em Ciências e Matemáticas*, 9(17), 49-62.

Santos, W. L. P. e Mortimer, E. L. (2001). *Tomada de decisão para a ação social responsável no Ensino de Ciências*. *Ciência & Educação*, 7(1), 95-111.

Tiana, A. (1997). *Avaluació de programes, centres i professors*. Barcelona: UOC.

202 Vilela, M. L. e Selles, S. E. (2020). *É possível uma Educação em Ciências crítica em tempos de negacionismo científico?* *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, 37(3), 1722-1747.

Zazueta, M. A. e Herrera, L. (2008). *Rúbrica o Matriz de Valoración, Herramienta de Evaluación Formativa y Sumativa*. *Quad. Digit.* Disponível em: [http://www.quadernsdigitals.net/index.php?accionMenu=hemeroteca.VisualizaArticuloIU.visualiza&articulo\\_id=10816](http://www.quadernsdigitals.net/index.php?accionMenu=hemeroteca.VisualizaArticuloIU.visualiza&articulo_id=10816).

### **Como citar este artigo**

Freitas, D., Santos, M., Pierson, A. H. C. e Calafell, G. (2022). *FACTS: uma ferramenta CTS para avaliação de processos e produtos na educação científica*. *Revista Iberoamericana de Ciencia, Tecnología y Sociedad –CTS*, 17(51), 179-202. Disponível em: [inserte URL]

## **El papel de los proyectos de investigación con enfoque CTS en el diseño de un nuevo modelo de currículo de ciencias en Panamá**

## **O papel dos projetos de pesquisa com abordagem CTS no desenho de um novo modelo de currículo de ciências no Panamá**

### ***The Role of STS Research Projects in the Design of a New Model of Science Curriculum in Panama***

**Blanca Puig, Luis Fernández López, María Heller, Lineth Campos Romero y Krystel Del Rosario \***

En este artículo, los proyectos de investigación con enfoque CTS son considerados un elemento clave en un currículo de ciencias basado en progresiones de aprendizaje y orientado al desarrollo de prácticas científicas. Este artículo analiza el diseño de proyectos de investigación CTS desarrollados en aulas de educación primaria en distintas provincias de Panamá, en el marco de un programa de formación con maestros y maestras facilitadoras de la Secretaría Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación (SENACYT). Este proyecto tiene como fin diseñar un nuevo modelo de currículo de ciencias basado en progresiones de aprendizaje y prácticas científicas. Los objetivos del trabajo son: i) analizar la dimensión social del enfoque CTS de los proyectos elaborados por maestros y maestras y docentes facilitadores en aulas de primaria de escuelas de Panamá; y ii) examinar las dificultades y potencialidades percibidas por los facilitadores y facilitadoras y maestros y maestras en el desarrollo de proyectos CTS. La metodología empleada es de corte cualitativo y requirió analizar el contenido de nueve proyectos diseñados y en proceso de implementación, así como el análisis deductivo de las respuestas de los facilitadores y las facilitadoras a un cuestionario *online* de preguntas abiertas sobre el proceso de diseño e implementación de estos. El análisis muestra que todos los proyectos abordan el componente social, siendo distinto el nivel de controversia que generan y los valores que movilizan. Los beneficios percibidos por los docentes y estudiantes son amplios, destacándose el aprendizaje de ciencias en contexto, la motivación del alumnado y la inclusión social. Las dificultades percibidas, como el tiempo y la formación, son comunes al trabajo por proyectos.

**Palabras clave:** proyectos de investigación; currículo de ciencias; educación primaria; enfoque CTS

---

\* Blanca Puig: Universidad de Santiago de Compostela (USC), España. Luis Fernández López: IES Carlos Casares, España. María Heller, Lineth Campos Romero y Krystel Del Rosario: SENACYT, Panamá.

Neste artigo, os projetos de pesquisa com abordagem CTS são considerados um elemento-chave em um currículo de ciências baseado em progressões de aprendizagem e orientado para o desenvolvimento de práticas científicas. Este artigo analisa o desenho de projetos de pesquisa CTS desenvolvidos em salas de aula de educação primária em diferentes províncias do Panamá no âmbito de um programa de formação com professores e facilitadores de professores da Secretaria Nacional de Ciência, Tecnologia e Inovação (SENACYT). Este projeto visa conceber um novo modelo de currículo de ciências baseado em progressões de aprendizagem e práticas científicas. Os objetivos de pesquisa que orientam o trabalho são: i) analisar a dimensão social da abordagem CTS dos projetos desenvolvidos por professores e facilitadores de professores em salas de aula do ensino fundamental no Panamá; e ii) examinar as dificuldades e potencialidades percebidas pelos facilitadores e professores no desenvolvimento de projetos CTS. La metodología empleada es de corte cualitativo y requirió analizar el contenido de nueve proyectos diseñados y en proceso de implementación, así como el análisis deductivo de las respuestas de los facilitadores y las facilitadoras a un cuestionario *online* de preguntas abiertas sobre el proceso de diseño e implementación destes. A análise mostra que todos os projetos abordam o componente social, sendo diferente o nível de polémica que geram e os valores que mobilizam. Os benefícios percebidos por professores e alunos são extensos, destacando-se a aprendizagem de ciências em contexto, a motivação dos alunos e a inclusão social. As dificuldades percebidas são comuns ao trabalho de projeto: como tempo e treinamento.

**Palavras-chave:** projetos de pesquisa; currículo de ciências; educação primária; abordagem CTS

*In this article, research projects with a STS approach are considered a key element in a science curriculum based on learning progressions and oriented to the development of scientific practices. The article examines the design of STS research projects developed in primary education classrooms in different provinces of Panama, within the framework of a teacher training program directed by the National Secretariat of Science, Technology, and Innovation (SENACYT, due to its initials in Spanish). This program aims at designing a new science curriculum based on learning progressions and scientific practices. The research objectives that guide this article are: i) analyzing the social dimension of STS projects elaborated by primary school teachers and facilitators in diverse Panama schools; and ii) examining the difficulties and potentialities perceived by primary school teachers and facilitators in the development of projects. The methodology used was qualitative and required the analysis of nine projects designed and in process of implementation, as well as a deductive analysis of the responses given by facilitators to an open-ended online questionnaire regarding the process of design and implementation of the projects. The analysis shows that all the projects address the social component, although they differ in the level of controversy and the values that they mobilize. The benefits perceived by the participants in the design and development of projects are high, remarking learning science in context, students' motivation, and social inclusion. The difficulties perceived are, in general, the time and the training needed to make these projects work.*

**Keywords:** research projects; science curriculum; primary education; STS approach

## Introducción

La Secretaría Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación (SENACYT), entidad perteneciente al gobierno nacional de la República de Panamá, lleva cinco años trabajando con maestros facilitadores y maestras facilitadoras en la elaboración de un nuevo modelo de currículo de ciencias basado en las progresiones de aprendizaje. El objetivo es mejorar la formación científica del profesorado y del alumnado de educación primaria, y en último término de la sociedad de Panamá, mediante la elaboración de un currículo contextualizado que posibilite el desarrollo de competencias científicas y la implementación de proyectos de investigación en el aula, entre otros aspectos. El programa implica el trabajo conjunto de docentes facilitadores de educación en distintas etapas educativas, profesorado activo, coordinadoras técnicas de la SENACYT e investigadores expertos en didáctica de ciencias del grupo de investigación RODA (Razonamiento, Discurso, Argumentación), centrado en la mejora de la enseñanza de ciencias mediante prácticas científicas, de la Universidad de Santiago de Compostela (España).

El proyecto surge de los resultados de observaciones de aula realizadas durante cinco años (2018-2022) en el marco del programa Hagamos Ciencia, cuyo fin es apoyar el aprendizaje de ciencias en distintas etapas educativas. Este programa puso de manifiesto la necesidad de generar un nuevo modelo de currículo basado en progresiones de aprendizaje y prácticas científicas con el propósito de mejorar la enseñanza de ciencias en el país. La propuesta de formación en la que se fundamenta el proyecto gira alrededor de tres pilares relacionados con las prácticas de investigar, que son:

- El desarrollo de proyectos de investigación en el aula implica un profesorado formado que esté en condiciones de apoyar al alumnado en la práctica de investigar. Dicho de otro modo, la necesidad de andamiaje docente en los procesos de indagación que engloban el diseño e implementación de proyectos. Un profesorado que investiga está en condiciones de poder ayudar a su alumnado a practicar la investigación, a convertirse en personas indagadoras. Algunas características indispensables para emprender la indagación son la curiosidad, la motivación, la apertura de mente o la capacidad de cuestionamiento sobre la realidad y sobre sí mismos, atributos que forman parte del pensamiento crítico (Puig y Uskola, 2021).
- La práctica de investigar está socialmente contextualizada (García Carmona, 2008), ya que la construcción de conocimiento no se puede separar del contexto y el entorno en el que se desarrolla la investigación. En consecuencia, la formación ha de tener en cuenta la dimensión social en el proceso de investigar y la influencia de la componente afectiva, además de la cognitiva, en el proceso de analizar y dar respuesta a un problema cuyo abordaje y planteamiento va a depender de múltiples factores. El profesorado ha de tener en cuenta todos estos aspectos en el desarrollo de proyectos de investigación.
- El proceso de resolver un problema requiere la construcción de conocimiento y el desarrollo de pensamiento crítico y creativo. El conocimiento ha de ser construido con la interacción entre el alumnado y con el y la docente. En este

proceso, el pensamiento crítico y creativo cobra un papel clave en la adquisición de competencias que tienen que ver con la toma de decisiones y la capacidad de elaborar propuestas que den solución al problema objeto de investigación.

- El carácter incierto, que en ocasiones opera en los procesos de investigación, implica estar abierto a distintas alternativas o explicaciones.

Tomando en consideración lo anterior, se desarrolla un programa de formación para el diseño y la implementación de proyectos de investigación con enfoque CTS en aulas de centros públicos de distintas provincias de Panamá. Los proyectos no se incluyen en el currículo de ciencias vigente en Panamá y, en consecuencia, no forman parte habitual de la enseñanza de ciencias en el país. Su incorporación, por lo tanto, requiere de la formación de docentes facilitadores para dar apoyo al personal docente de las aulas en este sentido. Pretendemos, mediante este trabajo, contribuir a la mejora de la formación docente para el desarrollo de un currículo de ciencias basado en progresiones de aprendizaje y prácticas científicas con enfoque CTS, que pueda redundar finalmente en una mejora de la cultura científica de toda la sociedad.

Los objetivos de investigación que guían el estudio son: 1) analizar la dimensión social del enfoque CTS de los proyectos elaborados por maestros y maestras y docentes facilitadores en aulas de primaria de escuelas de Panamá; 2) identificar las dificultades y potencialidades percibidas por los participantes para desarrollar proyectos con enfoque CTS en este contexto.

206

## **1. El programa Hagamos Ciencia y el desarrollo de un nuevo currículo de ciencias en Panamá**

El programa Hagamos Ciencia surge en 2007 con el fin de contribuir al desarrollo de una educación panameña de calidad en el ámbito científico y tecnológico. El Ministerio de Educación de Panamá (MEDUCA), mediante Decreto Ejecutivo N° 5 del 5 de febrero de 2007, formaliza este programa. A partir de este momento se firman distintos convenios de cooperación con la SENACYT con distintos objetivos. En 2016 se firma el convenio de cooperación para desarrollar un proyecto de enseñanza de ciencias orientado a promover la profundización en conceptos y habilidades científicas. Y en 2021 la SENACYT y el MEDUCA firman el Convenio 5-2021 para potenciar la enseñanza de ciencias mediante la generación de guías didácticas para docentes y estudiantes basadas en actualizaciones curriculares con base en los derechos fundamentales de aprendizaje (DFA) que promuevan procesos científicos en el marco educativo.

Desde sus inicios, Hagamos Ciencia ha trabajado con docentes realizando capacitaciones, visitas a las escuelas para brindar acompañamiento en el proceso de enseñanza de las ciencias y desarrollar experiencias que promuevan las competencias científicas y la actualización de conocimientos. El Ministerio de Educación ha contribuido como institución enlace, garantizando la participación de los docentes en el desarrollo del programa en las escuelas. El programa pretende fortalecer el desarrollo profesional del profesorado activo para mejorar la enseñanza de ciencias



por medio de la estrategia indagatoria y otras estrategias didácticas basadas en prácticas científicas que posibiliten el aprendizaje significativo por parte del alumnado. Entre los objetivos del programa, se incluyen desarrollar unidades didácticas o módulos basados en una propuesta curricular para mejorar la enseñanza de ciencias. Así, en 2016 se desarrollan los DFA como primer acercamiento a la actualización de los contenidos de ciencias naturales que deben ser enseñados en cada grado para el desarrollo de prácticas científicas y trabajar en profundidad conceptos de ciencia.

En 2021, se identifica en las observaciones de aula realizadas por el equipo técnico y docentes facilitadores de Hagamos Ciencia que: a) el profesorado de aula requiere una actualización de contenidos de ciencia y de las estrategias de enseñanza y evaluación en ciencias naturales, dado que sus clases eran de corte tradicional, con pocas experiencias que posibilitaran el desarrollo de prácticas de indagación por parte del alumnado: las planificaciones de clases incluían más actividades de reproducción de conocimientos que de aplicación de los aprendizajes; y b) los libros de textos presentan mayormente información teórica y las actividades prácticas son muy pocas o escasas en ciertos grados de primaria: se tomaron acciones para elaborar y proponer ajustes curriculares que posibilitaran el desarrollo de competencias científicas y la implementación de proyectos de investigación en el aula para mejorar la enseñanza y aprendizaje de las ciencias, y se trabajó en el ajuste de los DFA de educación básica y en la elaboración de guías didácticas para profesorado y alumnado para la enseñanza de contenidos abordados en los DFA que no estaban considerados en el programa curricular, pero que eran necesarios para la formación en ciencias, según el análisis realizado a partir de la revisión de currículos y estándares internacionales. Este trabajo continúa en desarrollo e incluye, entre otros aspectos, proyectos de investigación con perspectiva CTS, tema objeto de estudio en este artículo.

207

## **2. La educación CTS y los proyectos de investigación en un nuevo currículo basado en progresiones de aprendizaje**

La sociedad en la que vivimos ha sufrido una profunda transformación en los últimos años como resultado de los avances científicos y tecnológicos. La reciente pandemia nos ha mostrado una clara interacción de los conocimientos científicos con las decisiones políticas y la economía. En definitiva, con la sociedad global. Los debates, enfrentamientos y posicionamientos emocionales en aspectos como la vacunación o los confinamientos mostraron deficiencias en la capacidad de integración de la ciencia con otros aspectos sociales; quizás como resultado de entender la ciencia en un contexto aislado en los centros de investigación y las publicaciones especializadas. La necesidad de una alfabetización científica para toda la ciudadanía, y con una visión holística que no analice los problemas solo desde una perspectiva, requiere construir un currículo de ciencias para el aprendizaje en contexto y el desarrollo progresivo de pensamiento crítico y científico. Sin embargo, de acuerdo con Osorio (2002), la forma en la que nos relacionamos con este conocimiento no siempre es igual en los países en vías en desarrollo y en los países desarrollados, aspecto a tener en cuenta en este trabajo.

Los estudios CTS buscan comprender la dimensión social de la ciencia y la tecnología, tanto desde el punto de vista de sus antecedentes como de sus

consecuencias sociales y ambientales. Utilizar contextos reales para el aprendizaje de ciencias permite abordar las causas y consecuencias del desarrollo científico y tecnológico en la sociedad, es decir, las interacciones ciencia-tecnología-sociedad (García Carmona, 2008).

Hagamos Ciencia ha venido observando, mediante el trabajo desarrollado con docentes facilitadores del país, un aumento de interés, por parte del profesorado de distintas etapas, por la incorporación de las relaciones CTS en las materias de ciencias y en metodologías de enseñanza basadas en progresiones de aprendizaje y prácticas científicas. En particular, una preocupación compartida es conocer de antemano si la introducción de un tema o una tarea de ciencias va a resultar adecuada para un curso o un aula concreta (García Barros, 2015). Preguntas como: ¿tendrán mis alumnos y alumnas los conocimientos necesarios para poder resolver este problema? ¿dispondrán de autonomía suficiente para resolver una tarea? ¿les gustará a mis estudiantes investigar? y ¿cómo puedo ayudarles a ver lo importante que es la ciencia para su vida? forman parte de los interrogantes que se plantean los docentes de Panamá. Lejos de dejar en manos del profesorado la tarea de seleccionar y secuenciar los contenidos de enseñanza, la investigación educativa ha ido proporcionando marcos para el desarrollo de secuencias de enseñanza, entre los que destacamos las progresiones de aprendizaje.

208

La idea de progresión en el conocimiento se relaciona con la posibilidad de establecer niveles progresivos de conceptualización en el conocimiento en un dominio dado, según un itinerario de complejidad creciente que favorezca la comprensión del alumnado (Adey, 1997). Esto implica que el aprendizaje es un proceso creciente de dificultad y complejidad, en lugar de un contenido para ser cubierto dentro de niveles de grado específico (UNESCO, 2008). El profesorado ha de tener en mente un continuum de cómo se desarrolla el aprendizaje en un dominio de conocimiento particular para identificar el estado de aprendizaje del alumnado y tomar decisiones sobre la acción pedagógica que permita avanzar al alumnado en el proceso de aprendizaje. Las progresiones posibilitan una visión de lo que el alumnado puede aprender y permiten apoyar la planificación de la instrucción y actuar como eje de la evaluación. El concepto de “progresiones de aprendizaje” es de gran utilidad en el diseño del currículo, pero este proceso requiere de tiempo, tal y como se pone de manifiesto en Hagamos Ciencia.

La elaboración de un nuevo modelo de currículo de ciencias para educación primaria, basado en progresiones de aprendizaje, ha implicado el trabajo continuado de un equipo multidisciplinar formado por docentes facilitadores de distintas áreas, técnicos y técnicas de Hagamos Ciencia y profesorado e investigadores e investigadoras en didáctica de ciencias. En este trabajo hemos contemplado la incorporación explícita de contenidos y objetivos CTS, así como la incorporación de proyectos de investigación alrededor de temáticas que susciten interés como metodología idónea para el desarrollo de una educación CTS por parte del alumnado.

De acuerdo con la investigación en didáctica de ciencias, consideramos que el desarrollo de proyectos de investigación puede ayudar a aumentar la motivación del alumnado por aprender ciencias, así como a desarrollar un pensamiento

científico, teniendo que movilizar prácticas que forman parte del trabajo científico. Por “aprendizaje basado en proyectos” entendemos una serie de metodologías que comparten características como las señaladas por Sanmartí (2006): i) parten de una situación o un problema contextualizado; ii) requieren realizar una investigación que permita dar respuesta a ese problema; iii) implican aprendizaje en contexto mediante la resolución de preguntas ideas clave y transferibles a otros contextos; iv) posibilitan trabajar en grupos y de modo cooperativo durante períodos de tiempo prolongados; y v) convierten al profesor o profesora en un facilitador que no dirige el proceso. Este último aspecto es relevante, ya que el papel del profesor como transmisor único de conocimiento experto no tiene cabida, y hay que dejar paso al profesor como guía, organizador y potenciador de la participación crítica del alumnado. Aunque son muchos los proyectos para la educación CTS, todavía son pocos los profesores implicados, aspecto que en países en vía de desarrollo se acentúa.

Autores como Membiela (2002) proponen que una de las primeras acciones que hay que realizar es ayudar al profesorado a conocer sus propias creencias y valores acerca del enfoque CTS. En nuestra opinión, esto es fundamental. Una manera de hacerlo en países en vías de desarrollo es implementando proyectos de investigación en el aula que empleen materiales y recursos que sean accesibles a todo tipo de centros educativos. Además, hemos de considerar que los resultados de un proyecto que llevemos a cabo en este contexto, además de depender de la temática elegida, van a estar condicionados por el clima de aula (Gil *et al.*, 1991; García Carmona, 2008) y otros factores. En este sentido, y de acuerdo con Campbell y Lubben (2000), sugerimos dar prioridad a aquellos fenómenos o problemas científicos que puedan ser observados por el alumnado en su día a día y para cuya investigación dispongamos de los medios necesarios. Esto último es relevante en países donde las escuelas cuentan con una dotación escasa, como es el caso de la mayor parte de las escuelas públicas de Panamá, cuyos recursos son limitados.

209

### **3. Contexto, participantes y métodos**

El diseño y la elaboración de proyectos de investigación con dimensión CTS se inscribe en el marco de un programa formativo sobre las progresiones de aprendizaje en el currículo de ciencias llevado a cabo en Ciudad de Panamá (del 24 de enero al 2 de febrero de 2022), y a continuación en Santiago de Veraguas (del 13 al 20 de mayo de 2022). El programa tiene como finalidad la evaluación y mejora de progresiones de aprendizaje del currículo de primaria de ciencias naturales de Panamá elaborado por un grupo de docentes facilitadores y técnicos y responsables de la SENACYT (N= 24) para la posterior elaboración de guías docentes y material para estudiantes.

La formación implica la realización de dinámicas de grupo para la evaluación de la adecuación de los criterios empleados en el establecimiento de niveles de las progresiones. Además, en relación con los proyectos de investigación, se definen y presentan las fases que engloban su diseño e implementación, de acuerdo con la propuesta de Chinn y Malhotra (2002), modificada por Jiménez Aleixandre y Fernández López (2010).

Los participantes son un grupo de 20 facilitadores y facilitadoras que colaboran con la SENACYT acompañando a docentes de primaria de escuelas públicas en distintas provincias de Panamá. Todos ellos son docentes (13 de primaria, cinco de biología y dos de química). Además, participan tres coordinadoras técnicas y una directora del proyecto de la SENACYT, universitarias en ramas científicas (dos de biología, uno de química y una bioquímica), que coordinan el trabajo de los facilitadores y apoyan a las escuelas y los y las docentes en diversas actividades de innovación en ciencias. La **Tabla 1** presenta los datos de los participantes, así como los proyectos de investigación que se diseñan y el alumnado participante.

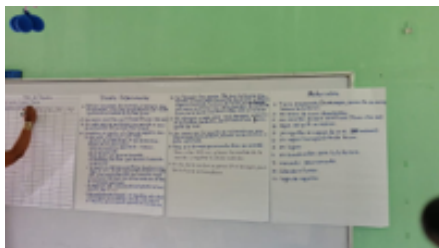
**Tabla 1. Relación de facilitadores**

P	Facilitadores	Docentes	C	Escuela	Proyecto (P)	N
1	Elodia Fossatti Julia Lezcano Moisés Rodríguez	Elida Nieto	6°	Leopoldina Field (Provincia de Chiriquí, distrito de Dolega)	Influencia de las fases de la Luna en la germinación y crecimiento del maíz híbrido Pioneer 30F35.	25
2	Magdalena Tapia Lorenzo Samudio	Blas Grajales	5°	Primaria Macano (Provincia de Chiriquí, distrito de Boquerón)	¿Son adecuadas las ideas que hay sobre reproducción en nuestra población o en nuestra comunidad?	19
3	Édil García Minerva Farrugia	Einis Carrera	3°	Primaria Macano (Provincia de Chiriquí, distrito de Boquerón)	¿Qué criterio debo utilizar para seleccionar el material con la característica óptica adecuada para una cortina de baño?	24
4	Erika Almanza Rubiel Hernández	Nixia Pérez	6°	Martin Grande (Provincia de Veraguas, distrito de Santiago)	¿Cómo podemos comprobar que la levadura se alimenta del azúcar presente en las bebidas que consumimos en la merienda escolar?	23
5	Eyra Guerra Rodolfo Santos Soledad Pinto	Luris Calles Jaqueline Torrazza	5° 4°	Agustín Pérez Colmenares (Provincia de Veraguas, distrito de Santiago)	Movimiento aparente del Sol.	38
6	Gladys Cruz Yanett Rodríguez	Maritzel Camarena Virginia Corrales	6°	Agustín Pérez Colmenares (Provincia de Veraguas, distrito de Santiago)	¿Cómo varía el consumo de energía eléctrica en la casa y la escuela, durante los periodos del día, de acuerdo con la cantidad de juguetes y artefactos que	41

Nota: C: curso de educación primaria; P: proyecto; N: número de estudiantes que participaron

Las **Imágenes 1 y 2** muestran al alumnado participante y el resumen de las distintas etapas del proyecto en desarrollo en un centro educativo Leopoldina Field, provincia de Chiriquí, distrito de Dolega, Panamá.

**Imágenes 1 y 2. Alumnado participante y resumen de las etapas de un proyecto en desarrollo**



Para el análisis del primer objetivo de investigación, relacionado con la dimensión social CTS de los proyectos, se elaboró una rúbrica de cinco dimensiones que incluyen, cada una de ellas, tres niveles, de menor a mayor carga social. Nos interesaba analizar no solo el tipo de dimensiones que se integran, sino la medida en que están presentes en los proyectos.

**Tabla 2. Rúbrica de análisis del primer objetivo de investigación sobre la dimensión social CTS de los proyectos**

Dimensiones	Nivel 0	Nivel 1	Nivel 2
<b>Interés social</b>	No suscita interés social, más allá del curricular	Suscita algún tipo de interés o se relaciona con alguna cuestión global	Suscita gran interés, se relaciona con problemáticas locales
Nivel de controversia	No genera controversia	Genera cierta controversia entre personas interesadas o afectadas	Genera controversia social a nivel local y global
<b>Aplicabilidad social</b>	No genera conocimiento directamente aplicable	Genera algún tipo de conocimiento aplicable/útil	Es aplicable a un contexto concreto o global
<b>Valores sociales</b>	No se movilizan valores	Se movilizan algunos valores	Se movilizan valores que implican una transformación/mejora
<b>Impacto social</b>	No genera impacto más allá del aula	Genera impacto a nivel de la comunidad educativa	Genera impacto en el entorno social/medios de difusión

El análisis del segundo objetivo de investigación, relacionado con el análisis de las dificultades y potencialidades para integrar la dimensión social en los proyectos, requiere examinar el contenido de las respuestas a preguntas abiertas de un cuestionario de Google Forms elaborado por los autores, que los facilitadores respondieron manera individualizada junto a los maestros de aula con los que trabajaban. Las preguntas versan sobre el diseño de los proyectos, en lugar de sobre las memorias finales, dado que nos interesaba evaluar a priori la potencialidad de la integración social de la dimensión CTS en las propuestas elaboradas. Se les preguntó explícitamente acerca de las dificultades que encontraron para integrar el enfoque social. Las respuestas se agruparon en las categorías definidas en la **Tabla 2**.

## 4. Resultados

### 4.1. Dimensión social de los proyectos de investigación CTS

La **Tabla 3** resume los resultados del análisis de la dimensión social de los nueve proyectos de investigación.

**Tabla 3. Dimensión social de los nueve proyectos de investigación CTS**

Dimensiones	Nivel 0	Nivel 1	Nivel 2
Interés social	P4	P9, P3, P5, P7	P2, P1, P8, P6
Nivel de controversia	P3, P4, P5	P9, P2, P7	P1, P8, P6
Aplicabilidad social		P1, P5	P2, P3, P4, P6, P7, P8, P9
Valores sociales	P3, P4, P5	P1, P9	P2, P6, P7, P8
Impacto social	P3, P5	P2, P4, P7, P9	P1, P6, P8

Nota: P: proyecto

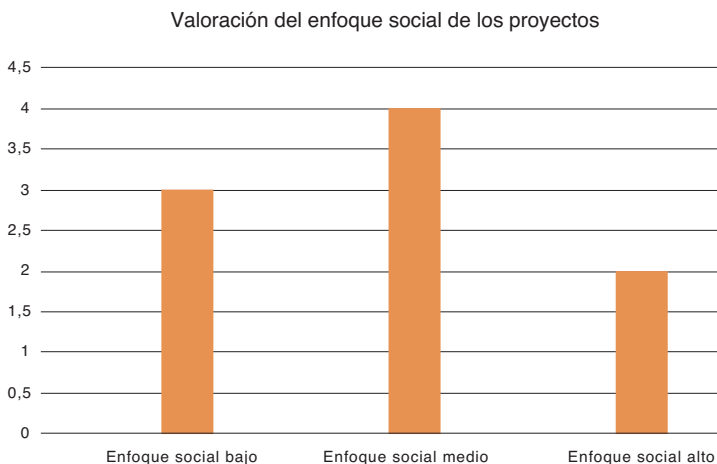
Como muestra la **Tabla 3**, todos los proyectos, excepto el P4 –“¿Cómo podemos comprobar que la levadura se alimenta del azúcar presente en las bebidas que consumimos en la merienda escolar?”-, generan interés social. En el resto de las dimensiones existen diferencias, siendo los proyectos P3, P4 y P5 los que están en los niveles más bajos. Con el fin de dar una idea global del enfoque social de cada proyecto, se sumó la puntuación de las cinco dimensiones. La **Tabla 4** muestra los resultados.

**Tabla 4. Puntuación de proyectos**

Proyecto	Puntuación sobre 10
P5	2
P3 y P4	3
P9	6
P7	7
P1 y P2	8
P6 y P8	10

El agrupamiento de los proyectos en tres niveles, de bajo (de 0 a 4 puntos), medio (de 5 a 8 puntos) y alto (9 y 10 puntos) enfoque social, aparece reflejado en la **Figura 1**.

**Figura 1. Enfoque social de los proyectos agrupados en tres niveles**



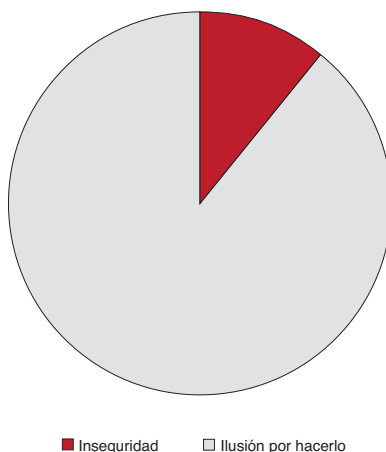
Los proyectos que, por causas diversas, abordan temáticas que suscitan debate social en el entorno cercano a la escuela en el que se desarrollaron son los que, como esperábamos, obtienen mayores puntuaciones. Es el caso de los proyectos sobre el análisis del consumo eléctrico (P6), las variaciones del nivel del río próximo a cultivos (P8) y vivienda o las ideas sociales sobre la sexualidad (P2) obtienen las mayores puntuaciones.

#### 4.2. Dificultades y potencialidades de la integración de proyectos con enfoque CTS percibidas por los participantes

El análisis de las preguntas del cuestionario -que realizaron, de manera conjunta, los facilitadores y las facilitadoras y los y las docentes de aula para cada proyecto- permite identificar algunas dificultades comunes al desarrollo de cualquier proyecto y otras más específicas relacionadas con la inclusión del enfoque social.

Se preguntó a los y las docentes de aula cuál fue la principal emoción sentida al enfrentarse al desarrollo de proyectos de investigación CTS. El análisis muestra que a la mayoría le generó ilusión, aunque también una proporción de docentes manifestó tener cierta inseguridad, como se muestra en la **Figura 2**.

**Figura 2. Emociones manifestadas por los y las docentes en el desarrollo de proyectos**

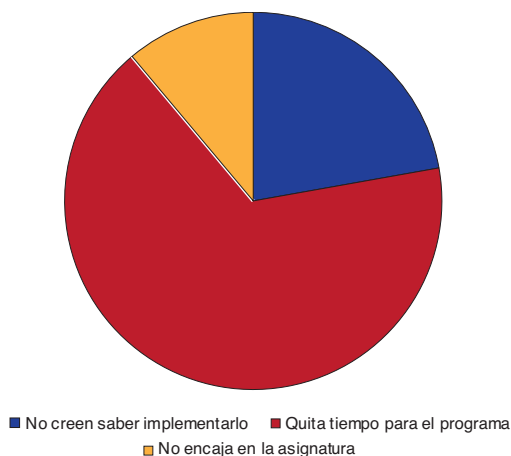


214

Respecto a la inseguridad que les genera realizar proyectos en el aula de ciencias, la gran mayoría (casi un 67%), como vemos en la **Figura 3**, señalan, en primer término, que su implementación les resta tiempo suficiente para poder cubrir la programación del curso y, en segundo término, que no se sienten lo suficientemente preparados ni preparadas para llevarlos a cabo.



**Figura 3. El problema según los y las docentes**



En cuanto a las dificultades específicas, cabe señalar que la mayoría hacen referencia a cuestiones organizativas o metodológicas o al entorno familiar. Algunos ejemplos de problemas específicos señalados por los y las docentes fueron:

- “Cuestionamiento por parte de los padres y madres de familia al sentirse invadidos en su privacidad, ya que el sentimiento inicial fue de amenaza al entregar los recibos del consumo de energía eléctrica, el inventario de aparatos en casa, pero posteriormente fue subsanado”. En este trabajo se analizó el gasto energético, detectando algún dato anómalo, como una vivienda con un gasto que duplica a la media. Al analizar la situación se comprobó que existían familiares de esa casa en situación de extrema exclusión social, y se conectó la red eléctrica de su casa a la de la familia con mejor situación económica.
- El proyecto que se centraba en la educación afectivo-sexual pudo causar comentarios entre algunas familias, aunque finalmente se llevó a cabo sin problemas.

Las potencialidades percibidas por el profesorado facilitador y los y las docentes de aula son numerosas y variadas. Todos y todas coinciden en señalar la experiencia como innovadora, ilusionante para las comunidades educativas, y favorecedora de un aprendizaje integral mediante prácticas científicas y el desarrollo de competencias básicas: lingüística-comunicativa, social, búsqueda de información, aprender a aprender, digital, interacción con el mundo físico, artística, emprendimiento, etc. Además, hay que destacar que los nueve proyectos facilitan la inclusión y equidad social, aspecto que podemos ver reflejado en los siguientes datos:

- El 100% del alumnado participante es de estrato social bajo. Los recursos de la familia y de la escuela no fueron un impedimento para desarrollar la investigación con éxito.
- Los centros donde se llevó a cabo la experiencia pertenecen al medio rural en un 66,7%, al medio urbano en un 22,2% y al medio semiurbano en un 11,1%. Por tanto, se ha implementado en un abanico amplio de escuelas y entornos sociales.
- En relación con las edades, se puso en práctica con niños y niñas de 3º, 4º, 5º y 6º grado de educación primaria.
- El alumnado con buenos resultados académicos en su mayoría (77,8%) se implicó en el trabajo por encima de la media, convirtiéndose así en una actividad de ampliación. Pero además el 100% de los docentes indicó que, sorprendentemente, el alumnado de resultados académicos deficientes o el alumnado disruptivo acogieron activa y positivamente la propuesta.
- El presupuesto señalado por los docentes va desde ninguno, una mayoría entre cinco y diez dólares americanos, y en un caso 20 dólares. Por tanto, las dificultades económicas de las escuelas parecen no ser un problema importante para desarrollar proyectos.

### **Conclusiones e implicaciones educativas**

El diseño y la implementación de proyectos de investigación con enfoque CTS por docentes y facilitadores de Hagamos Ciencia en aulas de centros públicos de distintas regiones de Panamá constituye un avance en la enseñanza de ciencias en este país. Facilitadores y facilitadoras, docentes de ciencias, coordinadoras técnicas de la SENACYT y expertos en didáctica de ciencias del grupo de investigación RODA de España lograron estimular el desarrollo de proyectos en el currículo de ciencias naturales. Los proyectos presentados abordan la dimensión social CTS, siendo los que abordan problemáticas específicas que afectan al entorno social en el que se sitúa la escuela los que generan mayor interés, lo que cabe esperar. Sugerimos, con el objetivo de visibilizar la dimensión social de los proyectos y la aplicabilidad de la ciencia al entorno social, involucrar al alumnado no solo en el diseño de proyectos, sino también la formulación de preguntas investigables acerca de problemáticas socialmente vivas que afecten a su entorno directo.

La legislación educativa panameña señala que la educación tiene como fin: “Fomentar el desarrollo, conocimiento, habilidades, actitudes y hábitos para la investigación y la innovación científica y tecnológica, como base para el progreso de la sociedad y el mejoramiento de la calidad de vida” (Ley 47 de 1946, Orgánica de Educación con las adiciones y modificaciones introducidas por la Ley 34 de 1995), lo que ha de impulsar el desarrollo de proyectos investigación escolar como los presentados en este artículo. El tiempo, a pesar de ser percibido por los y las docentes participantes como una dificultad para el desarrollo de estos proyectos, de acuerdo con el marco curricular, no debería ser una limitación para esto.

Muchas veces existe una resistencia a la innovación (Fernández López, 2011); es decir, que hay programas que cumplir. Esto, en el caso del diseño de estos proyectos, no ha sido un problema. Sugerimos integrar los proyectos en el currículo

de ciencias en forma de progresión de aprendizaje para ayudar a superar esta visión, así como invertir esfuerzos en este sentido. La falta de confianza manifestada para el desarrollo de los proyectos, podemos relacionarla a la falta de formación específica en la formación permanente del profesorado. Según Membiola (2002), es necesario ayudar al profesorado a conocer sus propias creencias y sus propios valores acerca del enfoque CTS. En este estudio, consideramos imprescindible la atención por parte del docente a la diversidad de personas que se encuentran escolarizadas, teniendo en cuenta la equidad educativa y la influencia cada vez mayor de la educación inclusiva. Durante el seguimiento de los proyectos, se preguntó a facilitadores y docentes de aula si consideraban que el trabajo tenía un enfoque social. El 88,9% respondió que sí lo tenía, siendo un dato que no es muy discordante con los que encontramos. Huelga decir que estos resultados nada tienen que ver con la calidad de los trabajos o el grado de autenticidad como prácticas de indagación, sino con el grado de interacción de la práctica escolar con la sociedad próxima en la que el aula está contextualizada.

Como señalaban ya en su momento Gil *et al.* (1991), los temas CTS están lejos de implicar una desviación en el conocimiento científico, implicando una profundización en él. En el caso de los proyectos analizados, los valores sociales y contextuales de la ciencia y la tecnología son de gran importancia para una educación científica para la ciudadanía (Solbes y Vilches, 2000; Manassero y Vázquez, 2000). La incorporación de proyectos CTS en el currículo de ciencias de Panamá que muestren las interacciones CTS y la dimensión social de la ciencia no solo es importante de cara a fomentar actitudes positivas hacia la ciencia y su aprendizaje, sino que también facilitará una visión más ajustada a la realidad y el trabajo científico (Acevedo y Acevedo, 2002).

217

## **Agradecimiento**

A los y las docentes y estudiantes de las escuelas primarias participantes en los diferentes proyectos de investigación por su compromiso y determinación en las acciones realizadas. Al grupo de facilitadores y facilitadoras del programa Hagamos Ciencia de Panamá por el acompañamiento brindado a los docentes participantes de los proyectos. Al proyecto ESPIGA, referencia PGC2018-096581-B-C22, financiado por FEDER/Ministerio de Ciencia, Innovación y Universidades – Agencia Estatal.

## **Bibliografía**

Acevedo, J. A. y Acevedo, P. (2002). Creencias sobre la naturaleza de la ciencia. Un estudio con titulados universitarios en formación inicial para ser profesores de Educación Secundaria. *Revista Iberoamericana de Educación*, 29(1), 1-27.

Adey, A. (1997). Dimensions of a progression in a curriculum. *The Curriculum Journal*, 8, 367-391.

Campbell, B. y Lubben, F. (2000). Learning science through contexts: helping pupils make sense of everyday situation. *International Journal of Science Education*, 22(3), 239-252. DOI: 10.1080/095006900289859.

Chinn, C. A. y Malhotra, B. A. (2002). Epistemologically authentic inquiry in schools: A theoretical framework for evaluating inquiry tasks. *Science Education*, 86, 175-121. DOI: <https://doi.org/10.1002/sce.10001>.

Fernández López, L. (2011). Los proyectos de investigación del alumnado y las competencias básicas y científicas. En L. F. López (Coord.), *Cuaderno de Indagación en el Aula y Competencia Científica*. Colección: Aulas de Verano. Serie: Ciencias. Ministerio de Educación. Secretaría General Técnica. Recuperado de: [https://sede.educacion.gob.es/publiventa/PdfServlet?pdf=VP15094\\_19.pdf&area=E](https://sede.educacion.gob.es/publiventa/PdfServlet?pdf=VP15094_19.pdf&area=E).

García Barros, S. (2015). La progresión de las enseñanzas. *Alambique Didáctica de las Ciencias Experimentales*, 79, 5-9.

García Carmona, A. (2008). Relaciones CTS en la Educación Científica Básica II. Investigando los problemas del mundo. *Enseñanza de las Ciencias*, 26(3), 389-402.

Gil, D., Carrascosa, J., Furió, C. y Martínez-Torregrosa, J. (1991). *La enseñanza de las ciencias en la educación secundaria*. Barcelona: ICE/Horsori.

218

Asamblea Nacional de Panamá (1946). Ley 47 de 1946. Ley Orgánica de Educación por el cual se establece la educación del país. República de Panamá. *Gaceta Oficial*, 10113. Recuperado de: <https://docs.panama.justia.com/federales/leyes/47-de-1946-oct-2-1946.pdf>.

Asamblea Nacional de Panamá (1995). Ley 43 de 1995. Ley por la cual se adiciona y se modifica la Ley Orgánica de Educación. República de Panamá. *Gaceta Oficial*, 22823. Recuperado de: <https://docs.panama.justia.com/federales/leyes/34-de-1995-jul-11-1995.pdf>.

Manassero, M. A. y Vázquez, A. (2000). Creencias del profesorado sobre la naturaleza de la ciencia. *Revista Interuniversitaria de Formación del Profesorado*, 37, 187-208.

Membiola, P. (2002): Enseñanza de las ciencias desde la perspectiva ciencia-tecnología-sociedad. *Formación científica para la ciudadanía*. Madrid: Narcea.

Osorio, C. (2002). La educación científica y tecnológica desde el enfoque ciencia, tecnología y sociedad. Aproximaciones y experiencias para la educación científica. *Revista Iberoamericana de Educación*, 28, 61-81.

Presidencia de la República de Panamá (2007). Decreto N° 5 de 2007. Decreto que crea el proyecto Hagamos Ciencia, como parte del proceso de enseñanza. *Gaceta Oficial*, 25726. Recuperado de: [https://www.gacetaoficial.gob.pa/pdfTemp/25726/GacetaNo\\_25726\\_20070206.pdf](https://www.gacetaoficial.gob.pa/pdfTemp/25726/GacetaNo_25726_20070206.pdf).

Puig, B., Crujeiras, B., Mosquera-Bargiela, I. y Blanco-Anaya, P. (2021). Integration of Critical Thinking and Scientific Practices to Design-Based Pedagogy. En I. Delen (Ed.), *Design Based Pedagogy Book. Design Based Pedagogical Content Knowledge Across Teacher Education Programs* (89-129). Recuperado de: <http://p2dproject.eu/index.php/outputs/>.

Puig, B. y Uskola, A. (2021). Debatir para aprender a pensar críticamente sobre ciencias. *Alambique Didáctica de las Ciencias Experimentales*, 106, 79-80.

Sanmartí, N. (2016). Trabajo por proyectos: ¿Filosofía o metodología? *Cuadernos de Pedagogía*, 472, 1-6.

Secretaría Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación y Ministerio de Educación de Panamá (2016). Convenio de Cooperación N° 3-2016, por el cual se promueve la mejora de la enseñanza de ciencias naturales en las escuelas de primaria y premedia.

Secretaría Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación y Ministerio de Educación de Panamá (2021). Convenio de Cooperación N° 5-2021, por el cual se acuerda desarrollar y validar una colección de guías didácticas para la enseñanza de ciencias naturales de primero a sexto grado.

Solbes, J. y Vilches, S. A. (2000). Finalidades de la educación científica y relaciones CTS. En I. P. Martins (Coord.), *O Movimento CTS na Península Ibérica. Seminário Ibérico sobre Ciência-Tecnologia-Sociedade no ensino-aprendizagem das ciências experimentais*, 207-217. Aveiro: Universidade de Aveiro.

219

UNESCO (2008). Los Aprendizajes de los estudiantes de América Latina y el Caribe: primer reporte de los resultados del Segundo Estudio Regional Comparativo y Explicativo (SERCE). Laboratorio Latinoamericano de Evaluación de la Calidad de la Educación.

### **Cómo citar este artículo**

Puig, B., Fernández López, L., Heller, M., Campos Romero, L. y del Rosario, K. (2022). El papel de los proyectos de investigación con enfoque CTS en el diseño de un nuevo modelo de currículo de ciencias en Panamá. *Revista Iberoamericana de Ciencia, Tecnología y Sociedad —CTS*, 17(51), 203-219. Recuperado de: [inserte URL]



## **Educación alimentaria con enfoque CTS en Argentina**

### **Educação alimentar com enfoque CTS na Argentina**

### ***Food Education with an STS Approach in Argentina***

**Damián Lampert y Silvia Porro \***

En este artículo se presenta una reflexión sobre la educación alimentaria en los diseños curriculares de la escuela secundaria de la provincia de Buenos Aires, Argentina. Para ello se fundamenta la importancia que tiene la educación alimentaria con enfoque CTS en la actualidad y su concepción errónea como educación nutricional. Asimismo, se presenta una taxonomía para trabajar en las aulas la temática de alimentos bajo el enfoque CTS, basada en seis dominios que incluyen aspectos ambientales y de género.

221

**Palabras clave:** educación alimentaria; enfoque CTS; diseños curriculares; género; ambiente

---

\* *Damián Lampert:* ingeniero en alimentos y doctor en ciencia y tecnología, Universidad Nacional de Quilmes (UNQ), Argentina. Becario del CONICET y docente universitario. Correo electrónico: damian.lampert@unq.edu.ar. *Silvia Porro:* licenciada y doctora en ciencias bioquímicas de la Universidad Nacional de La Plata, Argentina. Directora del Grupo de Investigación en Enseñanza de las Ciencias de la UNQ y profesora honoraria en dicha universidad. Correo electrónico: sporro@unq.edu.ar.

Neste ensaio, apresenta-se uma reflexão sobre a educação alimentar nos projetos curriculares do ensino médio na província de Buenos Aires, Argentina. Para isso, apresenta-se a importância e o papel da educação alimentar com abordagem CTS na atualidade e seu equívoco como educação nutricional. Da mesma forma, é apresentada uma taxonomia para trabalhar a temática da alimentação em sala de aula, sob a abordagem CTS, baseada em seis domínios que incluem aspectos ambientais e de gênero.

**Palavras-chave:** educação alimentar; abordagem CTS; desenhos curriculares; gênero sexual; ambiente

*This article presents a reflection on food education in the curricular designs of high schools in the province of Buenos Aires, Argentina. It also analyzes the importance of food education with an STS approach today and its misconception as nutritional education. Likewise, a taxonomy is presented to work on the subject of food in the classrooms under the STS approach, based on six domains that include environmental and gender aspects.*

**Keywords:** food education; STS approach; curricular designs; gender; ambient



## 1. Aspectos generales de la educación CTS

En el campo de la didáctica de las ciencias, el enfoque CTS implica un cambio de paradigma respecto a la educación tradicional que permite fomentar una mirada crítica en el estudiantado. La educación CTS implica un análisis sobre qué es la ciencia, su funcionamiento interno y externo, cómo se construye y desarrolla el conocimiento que produce, las actividades científicas, la naturaleza de la comunidad científica, los vínculos con la tecnología y las relaciones de la sociedad con el sistema tecnocientífico, con el fin de conectar al estudiantado con el mundo real y cotidiano (Acevedo *et al.*, 2005).

La Educación Alimentaria (EA), por el solo hecho de incluir a los alimentos, no constituye a la educación CTS, ya que este enfoque no es una forma especial de educación. Se pueden enseñar temas de alimentos de una forma disciplinar, presentando la composición química, las interacciones entre biomoléculas, el metabolismo, sin incluir la relación entre la ciencia y la tecnología con la sociedad. Caso contrario, se pueden enseñar temas de alimentos relacionados con la producción, la compra, la manipulación, los aspectos legales, la relación con el ambiente y otros aspectos económicos, culturales, políticos y legales. Si bien esta diferencia se presentará en la sección posterior, es importante comenzar este artículo con la siguiente cita:

“El enfoque CTS no es una forma especial de educación, como la educación ambiental o la educación para la salud, tampoco es una manera de ordenar los contenidos de un currículo o de seleccionarlos... CTS es una reforma educativa que implica un cambio de gran alcance” (Garritz, 1994, p. 218).

223

Desde el enfoque CTS, la EA permite trabajar y afianzar la significación cognitiva que presenta el estudiantado sobre los alimentos, en relación con las prácticas culturales de la familia, las vivencias que surgen de tradiciones y las condiciones culturales y económicas relacionadas a la alimentación (Rivarosa, 2012).

En la educación CTS, la enseñanza de temas de alimentación cada año va teniendo mayor protagonismo. La Asociación Iberoamericana Ciencia-Tecnología-Sociedad en la Educación en Ciencias (AIA-CTS), una asociación científica y no lucrativa formada en 2010, organiza cada dos años el Seminario Iberoamericano CTS. La AIA-CTS se formó en 2010, después de cumplir 10 años de realización del Seminario CTS, En los últimos tres seminarios (V Seminario Iberoamericano CTS/IX Seminario CTS, en 2016, Universidad de Aveiro, Portugal; VI Seminario Ibero-Americano CTS/X Seminario CTS, en 2018, Universidad Nacional de Quilmes, Argentina; VII Seminario Ibero-Americano CTS/XI Seminario CTS, en 2020, Universidad de Valencia, España), los alimentos fueron temas que se presentaron en los diferentes ejes, lo cual muestra la relación de la temática con los estudios CTS y su influencia en educación. La **Tabla 1** presenta los títulos de trabajos, pósters, conferencias y simposios relacionados con la temática que fueron presentados en estos últimos tres seminarios:

Tabla 1. Trabajos presentados en los últimos tres seminarios CTS sobre alimentos

V SEMINÁRIO IBERO-AMERICANO CTS y IX SEMINÁRIO CTS 2016 – Universidade de Aveiro, Portugal	
<i>Indagatio Didactica</i> vol. 8 n° 1 (2016)	
Sequência didática com emprego da argumentação como estratégia de ensino e do gênero charge sobre alimentos transgênicos como recurso didático	de Lima Filho y Maciel, 2016
O projeto água em foco como estratégia na formação de professores	Silva, 2016
Questões sociocientíficas nos anos iniciais do ensino fundamental: o tema água em evidência	de Paula Vissicaro <i>et al.</i> , 2016
Articulação Freire-CTS: elaboração de uma proposta sobre água	da Silva y Strieder, 2016
Abordagem sobre Agrotóxicos em uma sequência didática colaborativa baseada em questões sociocientíficas	da Silva Andrade <i>et al.</i> , 2016
VI SEMINARIO IBEROAMERICANO CTS Y X SEMINARIO CTS 2018 - Universidad Nacional de Quilmes, Argentina	
Libro de Actas: <i>Para una educación CTS: Construyendo puentes entre la investigación y la práctica</i>	
Guia alimentar para a população brasileira: diálogos entre extensão universitária, educação CTS(A) e ensino de ciências e biologia	Assumpção <i>et al.</i> , 2018
Colorantes alimentarios en bebidas no alcohólicas. Indagación con enfoque CTS	Kraser y Hernández, 2018
A reciclagem e a reutilização do vidro em uma perspectiva CTSA	Santana <i>et al.</i> , 2018
<i>Indagatio Didáctica</i> vol. 11 n° 2 (2019)	
Glifosato: um problema da ciência e da tecnologia para a sociedade	Silva <i>et al.</i> , 2019
Alimentos transgênicos: mediando a aprendizagem de alunos do ensino médio sob o enfoque CTS	Reis <i>et al.</i> , 2019
Análisis del abordaje de la naturaleza de la ciencia y la tecnología en los libros de "Biología" y de "Salud y Adolescencia" a partir del tema de la alimentación	Lampert y Porro, 2019
Educação nutricional em uma proposta CTS: desafios e possibilidades	Oliveira, 2019
Un enfoque CTS en el abordaje de anatomía y fisiología animal en la escuela secundaria	Lampert y Russo, 2019
VII SEMINARIO IBEROAMERICANO CTS 2020 – Universidad de Valencia, España	
Libro de acta: <i>Veinte años de avances y nuevos desafíos en la Educación CTS para el logro de los Objetivos de Desarrollo Sostenible</i>	
Desperdicio alimentario en el entorno escolar: análisis del impacto de una intervención didáctica en educación primaria	Adriana Anton <i>et al.</i> , 2020
Huella ecológica y huerto vertical: una estrategia para el logro de aprendizajes que fomenten una cultura del desarrollo sustentable	Hermosillo Marina <i>et al.</i> , 2020

Fuente: elaboración propia

## 2. La Educación Alimentaria (EA): dominios para su enseñanza

La alimentación es un proceso en el cual las personas seleccionan y preparan alimentos para su ingestión; es un proceso voluntario y consciente, que se delimita por factores externos como aspectos económicos, factores ambientales y variables socioculturales (Salvador y Serra, 1993). En cambio, la nutrición es un proceso a nivel celular que permite que el organismo haga uso de las sustancias de los alimentos (Salvador y Serra, 1993). La diferencia entre los conceptos de alimentación permite comprender que el primero es educable, mientras que la nutrición, al ser un proceso inconsciente, no es educable (tesis). Por tal motivo, siguiendo lo establecido por Merelles *et al.* (2005), la nutrición es un proceso biológico y la alimentación es un proceso social.

La EA forma parte de un eje central para construir una ciudadanía crítica. De acuerdo con Kimura (2011), la demanda de la educación alimentaria se deba tres factores: i) su importancia y necesidad para mejorar las políticas de salud pública; ii) la posibilidad de evitar confusiones y temores en relación a los alimentos; y iii) la detección de los problemas estructurales que presentan los modelos modernos de producción a favor de los movimientos agroalimentarios alternativos.

“Cuando se discute qué conocimientos científicos podrían ser relevantes para la vida diaria, hay que admitir que los relativos a la alimentación destacan sobre los demás desde el momento en que su correcta comprensión y su adopción práctica pueden contribuir a mejorar el nivel de bienestar de las personas y, posiblemente, a alargar su vida, mientras que la ignorancia sobre ellos perjudica gravemente su salud” (Garrido, 2018, p. 25).

225

En Argentina, y en particular en la provincia de Buenos Aires, los diseños curriculares de ciencias naturales se enmarcan dentro de la alfabetización científica y tecnológica (ACT), de forma que el conocimiento de las ciencias naturales pueda comprender, decidir e interpretar el mundo de forma de adquirir una mayor participación en los problemas que afectan a la sociedad (Defago e Ithuralde, 2018). En relación con la ACT, es imposible lograrla sin incluir una temática de los alimentos, ya que uno de los ámbitos en los que la ciencia se hace muy presente es en la cocina (García-Martínez *et al.*, 2018). La cocina y los alimentos son uno de los entornos preferidos de contextualización en la enseñanza de las ciencias que permite incorporar fenómenos químicos, físicos y biológicos en su enseñanza y de esta forma, mejorar la significación de conceptos, motivar a al estudiantado y ayudar a reflexionar sobre el porqué de fenómenos cotidianos (García-Martínez *et al.*, 2018).

Al igual que ocurre con otras disciplinas de la didáctica de las ciencias, la educación alimentaria, toma dos aristas en su enseñanza. Por un lado, el abordaje disciplinar y memorísticos de diferentes contenidos, que incluyen la confusión de la alimentación y la nutrición, y por el otro lado, el enfoque CTS que permitiría la ACT y el desarrollo del pensamiento crítico en la vida cotidiana.

“Los alimentos y la alimentación tienen gran importancia en nuestras vidas. Sobre ellos hemos de tomar decisiones cotidianas que tendrán claras repercusiones en nuestra salud. Por otra parte, a través de los medios de comunicación, que tan importante papel juegan en la sociedad de la información, nos llegan noticias sobre acontecimientos como: el envenenamiento por aceite de colza, el llamado ‘mal de las vacas locas’, la polémica sobre los alimentos modificados genéticamente, etc.” (Prieto, España y Martín, 2011, p. 74).

En el campo de la EA existen diferentes concepciones sobre la enseñanza de temas de alimentos con enfoque CTS. La siguiente tabla resume algunos de estos aportes:

**Tabla 2. Términos y dominios para la EA**

Término	Autores	Dominios
Alfabetización en alimentación	Cullerton, Vidgen y Gallegos (2012)	Acceso, comida, planificación y gestión, selección, origen de los alimentos, preparación, nutrición y lenguaje
Técnicas o destrezas básicas en alimentación	Vanderkooy (2010)	El conocimiento, la planificación, la conceptualización de los alimentos, las técnicas mecánicas y la percepción de los alimentos
Competencias en alimentación	Food Standards Agency (2009)	Alimentos, seguridad y salud de la dieta, sensibilización como consumidores y cocinado y manipulación de los alimentos
Competencias en alimentación	España, Cabello y Blanco (2014); Cabello, España y Blanco (2016)	Los alimentos, el funcionamiento del cuerpo respecto a la nutrición, cocinar, cultivar y elaborar alimentos, comprar alimentos, comer en compañía y la actividad física y el descanso
Contenidos de alimentación y actividad física (problemas)	Pérez <i>et al.</i> (2015)	Sobrepeso y obesidad, desórdenes de la conducta alimentaria, malnutrición, infecciones e intoxicaciones alimentarias, sedentarismo, enfermedades crónicas, alergias e intolerancias alimentarias y malas prácticas deportivas
Taxonomía de las enfermedades transmitidas por alimentos desde la naturaleza de la ciencia y la tecnología	Lampert <i>et al.</i> (2021)	Manipulación de Alimentos (MA) y prevención de ETA en diferentes contextos, las ETA en la historia, género y seguridad alimentaria, problemáticas ambientales asociadas a las ETA, tecnologías de conservación de alimentos, las mascotas y las ETA y aspectos geográficos de las ETA

Fuente: elaboración propia a partir de la bibliografía presentada

El trabajo de Pérez *et al.* (2015) incorpora la visión de 21 profesionales de diferentes áreas (medicina, nutrición, ciencias humanas, ciencias de la actividad física y didáctica específica) sobre cuáles temas debería enseñarse en relación con la alimentación y

cuáles no. Entre aquellos puntos que -según la propuesta- no deberían abordarse se encuentran los siguientes: el cálculo del Índice de Masa Corporal (IMC), la anatomía y fisiología de los órganos y aparatos que intervienen en la nutrición, la confección de gráficos o representaciones sobre la ingesta de alimentos y las tablas de composición de alimentos para el desarrollo de dietas (Pérez *et al.*, 2015). Asimismo, en el artículo se resalta la importancia del abordaje de las enfermedades transmisibles y no transmisibles por alimentos (Pérez *et al.*, 2015).

Garrido *et al.* (2021) destacan la importancia de enseñar temas de alimentación, frente a los desafíos sanitarios actuales, relacionados con: el análisis crítico de la producción, el transporte, el procesamiento y la comercialización de los alimentos; la participación juvenil en el establecimiento de nuevos sistemas de alimentos; y la sostenibilidad ambiental y sanitaria en la producción de alimentos.

La propuesta presentada en las diferentes dimensiones de la **Tabla 2**, los temas propuestos por Garrido *et al.* (2021) y los aportes de Pérez *et al.* (2015) reconocen el rol de la educación CTS en la EA para formar una ciudadanía crítica en relación con la alimentación.

### 3. La EA en Argentina

En Argentina, a partir de la Ley de Educación Provincial N° 13.688, promulgada en 2007, se incorporaron aspectos de alimentación con enfoque CTS en diferentes asignaturas como biología, genética y sociedad, salud y adolescencia, física, ambiente, desarrollo y sociedad, geografía, química y biología (Lampert, 2022). Sin embargo, a pesar de los marcos curriculares, el problema de la enseñanza de la alimentación es que el enfoque se centra desde una mirada puramente biologicista y se refiere a la temática como nutrición o vinculada al aparato digestivo (Rivarosa y de Longhi, 2012).

En los diseños curriculares de la provincia de Buenos Aires, los temas de alimentación se engloban de la siguiente forma:

- “Biología” y “Salud y Adolescencia”: funcionamiento del cuerpo frente a la nutrición, aparato digestivo, alimentación y cultura, nutrición y trastornos alimentarios.
- “Química” (todas las químicas): química de alimentos, biomoléculas y metabolismo, química del agua.
- “Geografía”: derecho alimentario, circuitos productivos de producción de alimentos y aspectos de seguridad y soberanía alimentaria.
- “Ambiente, Desarrollo y Sociedad”: ejemplo de ETA y los efectos ambientales de la producción de alimentos.

A continuación, se presentan, a modo de ejemplo, dos fragmentos de los contenidos de los bloques de alimentos de las asignaturas de biología de cuarto año del secundario e introducción a la química de quinto año del secundario:

Unidad de funciones y diversidad de estructuras nutricionales en los organismos pluricelulares. Los seres vivos como sistemas abiertos. Las funciones básicas de la nutrición: captación de nutrientes, degradación, transporte y eliminación de desechos. Principales estructuras que realizan la nutrición en diferentes grupos de organismos.

El organismo humano como sistema abierto, complejo y coordinado. Concepto de homeostasis o equilibrio interno.

Las funciones de nutrición humana y las estructuras asociadas: sistemas digestivo, respiratorio, circulatorio y excretor.

El cuerpo humano a debate: diferentes representaciones del cuerpo humano a lo largo de la historia. El fin del dogmatismo escolástico y el surgimiento de la anatomía y la medicina modernas.

Salud humana, alimentación y cultura. Los distintos requerimientos nutricionales en función de la edad y la actividad. Concepto de dieta saludable” (DGCyE, 2010, p. 16).

Para el caso de biología, si bien el diseño curricular propone el abordaje de la ACT y desde el enfoque CTS, se presenta a la alimentación y la nutrición en su mayoría con contenidos disciplinares; por ejemplo, a partir del estudio de las estructuras asociadas a la digestión, respiración, circulación y excreción.<sup>1</sup> Este último punto presenta un error conceptual al presentarse, por ejemplo, sistema digestivo y no aparato digestivo. Es importante señalar que ambos términos no son similares. Un sistema es un grupo de órganos con un origen embriológico en común que trabajan realizando una función en común y el aparato es un agrupamiento de sistemas que aprovecha las particularidades de cada sistema para realizar una tarea en conjunto (Lampert, Russo y Porro, 2016). Por otro lado, dentro del eje “Salud humana, alimentación y cultura” se presentan aspectos CTS, aunque en su detalle aparece la confusión entre alimentación y nutrición, ya que se presenta al eje el tema de alimentación y, dentro de él, se presentan los requerimientos nutricionales”

228

En introducción a la química, se presentan los siguientes contenidos:

“Eje temático 2. Química y alimentación

Núcleo 1: Principales grupos de biomoléculas. Carbohidratos: mono, oligo y polisacáridos. Solubilidad. Los carbohidratos como fuente de energía. Representación de monosacáridos en fórmulas de cadena abierta y de Haworth. Enlace glicosídico. Polímeros de condensación. Lípidos. Clasificación. Grasas y aceites: triésteres del glicerol. Ácidos grasos comunes: denominaciones y representaciones. Solubilidad. Las grasas como reserva de energía. Ácidos grasos saturados e insaturados. Jabones y detergentes. Miscelas y bicapas. Aminoácidos esenciales. Proteínas Estructuras, función y propiedades. Desnaturalización proteica. Factores que alteran la estructura proteica. Enzimas. Acción enzimática.

Núcleo 2: Alimentos, actividad y energía. Dietas y energía necesaria

---

1. Si bien la estructura y función de órganos del aparato digestivo forma parte de contenidos disciplinares, de Toledo y Cordero (2015) presentan alternativas para su abordaje desde el enfoque CTS.

para los procesos vitales de acuerdo a la actividad. Metabolismo basal. Sustancias presentes en los alimentos en pequeña proporción: vitaminas, minerales, aditivos. Diario nutricional. Cálculos a partir de la ingesta de alimentos. Alimentos y energía química. Aditivos alimentarios. Metabolismo. Anabolismo catabolismo. Respiración y fermentación” (DGCyE, 2011, p. 19).

La interpretación del diseño curricular de introducción a la química muestra el abordaje de la química de los alimentos. Asimismo, ocurre lo mismo que sucede en biología: se presentan temas de nutrición dentro de alimentación. Por otro lado, uno de los temas CTS presentes es el de los aditivos.

Un tema transversal de los diseños curriculares de Argentina es la seguridad alimentaria (SA).<sup>2</sup> La SA es un tema puramente CTS, cuyo abordaje está relacionado con diferentes dominios de la alimentación propuestos en la **Tabla 2**. Uno de los autores de este artículo realizó su tesis de doctorado sobre el abordaje de la SA y de las enfermedades transmitidas por alimentos (ETA) en los libros de texto, diseños curriculares y planes de estudio del profesorado. Lampert (2022) encontró que, si bien la SA y las ETA se mencionan o ejemplifican en los diseños curriculares, su abordaje no es completo ni forma parte de un bloque o unidad. Asimismo, es una temática que se menciona en asignaturas de ciencias naturales y de ciencias sociales, pero su presencia en los planes de estudio del profesorado está ausente (Lampert, 2022).

---

2. Seguridad Alimentaria: hace referencia a la disponibilidad física de los alimentos, el acceso económico y físico a los alimentos, la utilización de los alimentos y la estabilidad en el tiempo de las tres dimensiones anteriores. Inocuidad Alimentaria: este concepto hace referencia a la ausencia de peligro en los alimentos que puedan dañar la salud de las personas consumidoras. ETA: Son aquellos padecimientos que surgen del consumo de alimentos con microorganismos patógenos o contaminantes químicos.

**Tabla 3. Temas relacionados con la SA en libros de texto y diseños curriculares**

Asignatura	Contenidos relacionados o que podrían asociarse con el abordaje de la SA en los diseños curriculares de la escuela secundaria	Contenidos relacionados o que podrían asociarse al abordaje de la SA en los libros	Contenidos asociados con la SA en la formación del profesorado a partir de los planes curriculares
Salud y adolescencia	Patologías prevalentes regionales y locales en las cuales se encuentran las ETA	Enfermedades transmitidas por alimentos (como ejemplo de zoonosis); Enfermedades de Transmisión Hídrica	Profesorado de biología "Química y Laboratorio II": producción, conservación y adulteraciones
Biología (cuarto año)	Producción de alimentos	Seguridad alimentaria; enfermedades transmitidas por alimentos; enfermedades de transmisión hídrica	
Ambiente, desarrollo y sociedad	Hidroarsenicismo crónico regional endémico Agroquímicos Potabilización del agua	Enfermedades de transmisión hídrica; Potabilización del agua	
Introducción a la química	Aditivos (si se considera como una desventaja su empleo en cantidades superiores a las establecidas por el CAA)	Calidad de los alimentos; enfermedades transmitidas por alimentos; métodos de conservación de alimentos; manipulación de alimentos; enfermedades de transmisión hídrica; potabilización del agua; conceptos del CAA	Profesorado de química "Química y Laboratorio II": producción, conservación y las adulteraciones "Química de los Alimentos": aspectos legales, de calidad y de conservación de los alimentos "Química del ambiente": contaminación del agua
Fundamentos de química	Potabilización del agua y parámetros del Código	No existen en el mercado libros de texto para la asignatura	

230

Fuente: Lampert (2022)

En una entrevista realizada con algunas personas graduadas del profesorado de biología y química, luego de realizar una propuesta didáctica de actualización, se presentaron los siguientes puntos:

- “Mi reflexión se centra más allá de la propuesta que fue genial. Soy profesora de biología y siento que la formación que tuve como docente es escasa en relación a la alimentación. El profesor Damián brindó mucha información sobre métodos de conservación de alimentos, manipulación de alimentos y enfermedades que no



vemos en el terciario. Resalto la importancia de que nos actualicen personas que hacen investigación en el tema. Perdón si me fui por las ramas, pero me pone mal que no se actualicen ni se modifiquen las prácticas educativas en los terciarios”

- “Creo que algo que viene fallando en la carrera de profesorado es la poca orientación que nos dan para trabajar ciertos temas. La alimentación siempre suele caer en el modelo obsoleto de la pirámide nutricional y el sistema digestivo con las funciones de los órganos de forma memorística”
- “En el terciario, por lo menos en química, no vemos temas de alimentos, sino de nutrición. Siempre me llamó la atención que es un abordaje muy desde la biología y no se presenta en relación a la compra, manipulación, producción”

En relación con la EA en Argentina, se pueden establecer las siguientes conclusiones:

- Los alimentos se presentan en los diseños curriculares de Argentina como una propuesta CTS para fomentar la ACT. La EA, como tal, no se presenta como una asignatura en sí misma.
- La EA suele presentarse en forma incompleta, a partir de la confusión entre los procesos de alimentación y nutrición.
- La SA es un tema transversal de los diseños curriculares, pero que no se presenta explícitamente ni forma parte de los planes de estudio de los profesorados de biología y química.
- Los libros de texto no conciben con lo establecido por los diseños curriculares.
- En la mayoría de los casos, la alimentación se presenta como sistema digestivo.

231

Tomando como referencia el modelo 4-mundos sobre naturaleza de la ciencia y la tecnología (Manassero-Mas y Vázquez-Alonso, 2020), los aportes de las diferentes investigaciones de la **Tabla 2**, la inclusión (y exclusión) de temas de alimentos en los diseños curriculares y, los errores y carencias de los libros de texto, se presenta una taxonomía para la enseñanza de la alimentación con enfoque CTS, que incluye los siguientes dominios adaptados de Lampert *et al.* (2021). A esta taxonomía se le asignó el título de “Alimentación y alimentos en contexto” para presentar de forma explícita su abordaje CTS y la diferencia con el proceso de nutrición.

Figura 1. Alimentación y alimentos en contexto



232

Fuente: elaboración propia

En cada ítem se incluye una pequeña descripción con una cita que permite al público lector ampliar el abordaje del dominio.

### 3.1. Manipulación de alimentos y prevención de ETA en diferentes contextos

Este ítem hace referencia a la compra, manipulación y elaboración de alimentos en diferentes espacios y ocasiones, con el fin de fomentar un consumo de alimentos inocuos y disminuir el riesgo de contraer una ETA. En relación con los espacios, se podrían presentar situaciones de manipulación de alimentos en plazas, parques, playas, zoológicos (Lampert, 2019). Por otro lado, asociados a las ocasiones, se podrían presentar situaciones de manipulación y producción de alimentos durante la navidad, los cumpleaños, un asado familiar. De forma que la temática de manipulación de alimentos y prevención de ETA sea transversal a las situaciones cotidianas del estudiantado.

### 3.2. Problemas ambientales, desastres naturales y la globalización en relación a la alimentación

En este punto, se presenta la aparición de ETA desde el enfoque de “una salud”, de acuerdo a los desafíos que enfrenta el Antropoceno. Por tal motivo, se pueden

trabajar aquellos aspectos relacionados con el desarrollo de etapas de inseguridad alimentaria a partir de diferentes problemáticas ambientales y desastres naturales como inundaciones, la destrucción de humedales, terremotos y tsunamis (Lampert *et al.*, 2022). Por otro lado, se presenta el fenómeno de la globalización en la alimentación, tomando en cuenta los aspectos culturales y religiosos de los alimentos y su comercialización y su influencia en la aparición de ETA (Donoso *et al.*, 2016).

### 3.3. Tecnologías de producción de alimentos

En este punto se presentan las operaciones unitarias intervinientes en la producción de alimentos (esterilización, secado, congelación, mezclado, destilación, entre otras), el envase y envasado de alimentos y las nuevas tendencias en materiales biodegradables, las tecnologías sustentables (huertas orgánicas, producción hidropónica y acuapónica), la utilización de agroquímicos y los organismos genéticamente modificados y la biotecnología (Prieto *et al.*, 2012; Kapp *et al.*, 2017; Reis *et al.*, 2019; Hernández y Ils, 2020; Lampert *et al.*, 2021). Asimismo, en este punto se hace mención a la producción de alimentos y su impacto económico y la ubicación geográfica de las diferentes actividades económicas involucradas. De esta forma se presentan las economías regionales y la influencia de variables ambientales en la producción de alimentos, evidenciando los diferentes circuitos productivos y sistemas alimentarios.

Por otro lado, se presenta el análisis cultural, económico y social de la producción de alimentos. Un ejemplo concreto puede ser la producción de alfajores en Argentina, que cuenta con un valor cultural en diferentes regiones del país (Trivi, 2020) o el circuito productivo de la yerba mate.

233

### 3.4. La química en los alimentos

En esta dimensión se presentan los cambios que ocurren en los alimentos durante su procesamiento, almacenamiento y preparación, que determinarán su estabilidad toxicológica y microbiológica y sus características sensoriales (sabor, aroma, color, textura y apariencia). Por tal motivo, el eje central es el alimento entendido como un sistema complejo que permite comprender la estructura química de las sustancias que lo componen, así como las reacciones químicas, los procesos físicos y los cambios microbiológicos. De esta forma, se incluyen aspectos generales de soluciones, suspensiones, emulsiones, espumas, geles, sólidos cristalinos y sólidos amorfos. Este eje abordaría temas de química de Alimentos, que, en un punto, coinciden con el bloque de “Química y alimentación” del diseño curricular de introducción a la química. La química de alimentos permite trabajar conjuntamente la tecnología alimentaria y la gastronomía, para explicar todos los fenómenos involucrados en la elaboración de alimentos (Rembado y Sceni, 2012). De esta forma, se pueden estudiar las proteínas, lípidos, hidratos de carbono en diferentes sistemas alimentarios como carne, leche, vegetales y otros. Un ejemplo de abordaje en este eje es entender la estructura y composición de los músculos y su relación con la calidad de la carne (Lampert y Russo, 2019) o las interacciones entre hidratos de carbono, lípidos y proteínas que brindan diferentes propiedades deseables y a veces indeseables a los alimentos (Rembado y Sceni, 2012).

“En el ámbito de las ciencias, diferentes autores han propuesto o aplicado distintas actividades culinarias, como la elaboración de diferentes recetas (gambas cocidas, caramelo, tartas, requesón, ensaladas, mayonesa, mermelada, etc.), fabricación de indicadores caseros usando col lombarda, determinación del almidón en alimentos, cálculo de la graduación de las bebidas alcohólicas, extracción de cafeína o la visualización de experimentos como la efervescencia entre el vinagre y el bicarbonato, entre muchas otras” (García-Martínez, 2018, p. 182).<sup>3</sup>

### 3.5. La alimentación de los animales de compañía

Este bloque incluye a la alimentación de lo que popularmente se conoce como mascotas. En la actualidad, hay una mayor tendencia a que los animales de compañía accedan a bienes y servicios que antes únicamente eran de los seres humanos: golosinas, restaurantes, postres, bebidas. Por tal motivo, es importante mencionar que es un tema paramente CTS porque permite trabajar aspectos básicos de la anatomofisiología alimentaria de diferentes especies, los aspectos de la domesticación y su influencia en la alimentación, la historia de los alimentos comerciales, las tendencias actuales en alimentación de animales y la influencia de la alimentación de los animales de compañía en la salud de las personas tutoras de los mismos. Un ejemplo se presenta en una secuencia didáctica desarrollada en la asignatura “Ambiente, Desarrollo y Sociedad” sobre la domesticación del perro y su cambio alimentario (Lampert *et al.*, 2020).

234

### 3.6. Aspectos legales y de derechos relacionados a la seguridad alimentaria

En este punto, se incluye el aspecto normativo sobre SA y derecho alimentario. De esta forma, se pueden incluir la declaración universal de los derechos humanos, el artículo de la Constitución Nacional Argentina en relación con el derecho al agua y los alimentos y la normativa de rotulación y etiquetado de alimentos. Este último punto no es menor, ya que en 2021 se ha establecido la Ley 27.642 de Etiquetado frontal, que, entre sus objetivos, plantea garantizar el derecho a la salud y a una alimentación adecuada a partir de la información comprensible de los alimentos envasados y bebidas analcohólicas. La **Tabla 4** muestra un resumen de actividades que se han desarrollado, en el marco de un proyecto de extensión universitaria, sobre este dominio:

---

3. Este trabajo puede ser una referencia sobre estrategias de enseñanza para trabajar en este dominio. Asimismo, ofrece bibliografía para ampliar las propuestas y recursos para el estudiantado.

**Tabla 4. Contenidos relacionados a los aspectos legales y de derechos**

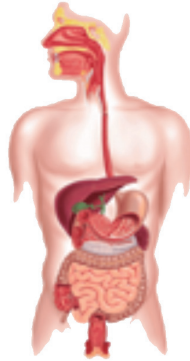
Contenido CTS	Aspectos para profundizar
Soberanía alimentaria	Soberanía alimentaria en Argentina - Casos de estudio de pueblos indígenas
Derecho a la alimentación y legislación alimentaria: Código Alimentario Argentino (CAA)	Lectura fisicoquímica de análisis de agua y comparación con el CAA - Trabajo con artículos de la Constitución Nacional Definición de diferentes alimentos a partir del CAA
Derecho alimentario y defensa del consumidor	Revisión de normativa publicada en materia alimentaria - Estudio de casos de derecho del consumo

Fuente: Condolucci *et al.* (2021), Lampert *et al.* (2021)

De forma transversal a todas las dimensiones de la taxonomía presentada, se presenta la temática de género y del ambiente. En relación con la temática de género, es importante mencionar que en Argentina desde 2006 rige la Ley N° 26.150 - Programa Nacional de Educación Sexual Integral (ESI), que debe aplicarse en las diferentes asignaturas y contenidos. A pesar de que la ley no incluye la palabra género en la letra escrita (Arango, 2020), es importante trabajar la temática en relación con la alimentación. En palabras de García-Martínez (2018): “La ciencia y la cocina son dos saberes estereotipados tradicionalmente como masculino y femenino”. Asimismo, según datos de la FAO citados por Arango *et al.* (2021), existe una relación entre los niveles de desigualdad de género y la inseguridad alimentaria y la mala alimentación. Por tal motivo, se propone el estudio de la SA de forma que el profesorado enseñe al estudiantado a reconocer las concepciones sesgadas que invisibilizan colectivos minoritarios existentes en la sociedad (Arango *et al.*, 2021), de forma que el androcentrismo que se materializa en las aulas, y muchas veces en el tratamiento de temas de alimentos, no privilegie rasgos de masculinidad hegemónica (Arango, 2021). Este último punto es común en los libros de texto, donde no solo se asocia a la alimentación con la nutrición a partir de la concepción errónea de sistema digestivo, sino que también se presenta la figura de un hombre como imagen del aparato digestivo.

235

Figura 2. Aparato digestivo



Fuente: página de imágenes libres

En relación con el ambiente, la Ley N° 27.621 establece el derecho a la educación ambiental integral como una política pública nacional. Al igual que ocurre con al ESI, la educación ambiental debe ser transversal. En cada dominio de la taxonomía presentada, se incluyen aspectos de educación ambiental:

236

**Tabla 5. Dominio de educación alimentaria y su relación con la educación ambiental**

Dominio	Algunos ejemplos asociados con la educación ambiental
Manipulación de alimentos y prevención de ETA en diferentes contextos	Concepción de espacio. Diferentes espacios para la manipulación de alimentos en contacto con animales. Centros de conservación <i>in situ</i> y <i>ex situ</i> donde las personas pueden visitar y consumir alimentos (Lampert, 2019)
Problemas ambientales, desastres naturales y la globalización en relación con la alimentación	Ejemplos de problemas ambientales y desastres naturales que se relacionan con la aparición de ETA. Tanto a escala local, como una inundación en una ciudad, o escala global, como el cambio climático
Tecnologías de producción de alimentos	Manejo de efluentes en las diferentes industrias. Variables climáticas que podría afectar a la producción de alimentos
La química en los alimentos	Desperdicios alimentarios. Inocuidad de los alimentos en relación a los metales pesados presentes en los mismos
La alimentación de los animales de compañía	Relación sociedad-naturaleza. Domesticación de los animales de compañía
Aspectos legales y de derechos relacionados con la seguridad alimentaria	El derecho al agua, a los alimentos y a un ambiente sano

Fuente: elaboración propia

Son necesarias nuevas formas de comprender las relaciones a partir de las cuales los seres humanos interactúan con su entorno. La educación ambiental, desde un modelo crítico, implica educar para la soberanía y seguridad alimentaria a partir del conocimiento y la defensa de la explotación de las especies nativas y no de los intereses de las potencias económicas que avanzan sobre las zonas más desfavorecidas del planeta, contribuyendo al agotamiento de los recursos naturales.

### Reflexiones finales

La taxonomía presentada cumple con diversos aspectos para incluirse en las asignaturas de la escuela secundaria:

- Fomenta la ACT del estudiantado
- Implementa, de forma transversal, la ESI y la educación ambiental
- Se relaciona con los contenidos de los diseños curriculares de forma que el profesorado pueda trabajar uno (o más) dominios en diferentes asignaturas. La siguiente tabla muestra una posible lectura de los dominios y su inclusión en algunas asignaturas de la escuela secundaria:

**Tabla 6. Asignaturas de la escuela secundaria donde podrían trabajarse los dominios de alimentación y alimentos**

Dominio	Asignatura donde podría implementarse
Manipulación de alimentos y prevención de ETA en diferentes contextos	Salud y Adolescencia – Biología de cuarto año – Ambiente, desarrollo y sociedad – Fundamentos de química
Problemas ambientales, desastres naturales y la globalización en relación a la alimentación	Geografía de cuarto, quinto y sexto año – Ambiente, desarrollo y sociedad – Fundamentos de química
Tecnologías de producción de alimentos	Biología de cuarto año – Geografía de quinto año
La química en los alimentos La alimentación de los animales de compañía	Introducción a la química de quinto año – Biología de cuarto año – Ambiente, desarrollo y de sociedad – Biología de quinto año
Aspectos legales y de derechos relacionados a la seguridad alimentaria	Geografía de cuarto y sexto año – Salud y adolescencia – Ambiente, desarrollo y sociedad – Fundamentos de química

Fuente: elaboración propia

## Bibliografía

Acevedo, J. A., Vázquez, Á., Martín, M., Oliva, J. M., Acevedo, P., Paixão, F. y Manassero, M. A. (2005). Naturaleza de la ciencia y educación científica para la participación ciudadana. Una revisión crítica. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las ciencias*, 121-140.

Anton, A., Fernandez-Zamudio, M. y Pina, T. (2020). Desperdicio alimentario en el entorno escolar: Análisis del impacto de una intervención didáctica en Educación Primaria. En A. R. Esteve y M. Talavera (Eds.), *Veinte años de avances y nuevos desafíos en la educación CTS para el logro de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (37-40)*. Valencia: SIACTS.

Arango, C. B. (2020). Educación sexual integral en escuelas medias de la provincia de Buenos Aires. Tensión entre los discursos jurídicos, la acción docente y el mensaje en los textos de salud y adolescencia [Tesis de doctorado]. Bernal: Universidad Nacional de Quilmes. Recuperado de: <http://ridaa.unq.edu.ar/handle/20.500.11807/2265>.

Arango, C. B., Porro, S. y Lampert, D. (2021). Educación libre y sin discriminación. El tratamiento de la seguridad alimentaria en la escuela media. En E. Gardenal Crivisqui (Ed.), *El Gran Chaco: buen vivir, diversidad y desarrollo sostenible*. Santiago del Estero: EDUNSE.

238 Assumpção, T., Souza, P., de Oliveira, L., Girão Soares, M. y de Cardoso-Costa, G. (2018). Guia Alimentar para a População Brasileira: diálogos entre extensão universitária, Educação CTS(A) E Ensino De Ciências E Biologia. En D. I. Roncaglia y D. Lampert (Ed.), *Para una educación CTS: Construyendo puentes entre la investigación y las prácticas (413-417)*. Buenos Aires: Editorial Autores de Argentina.

Baptistella Araujo, A., Kadooca, L. y de Quadros, A. (2020). Tecnologias de produção de alimentos: o que dizem professores em formação. En A. R. Esteve y M. Talavera (Eds.), *Veinte años de avances y nuevos desafíos en la educación CTS para el logro de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (2017-220)*. Valencia: SIACTS.

Condolucci, M., Crivaro, L. y Lampert, D. (2021). La enseñanza del derecho y legislación alimentaria en la escuela secundaria. *Actas del 5to Congreso Internacional de Enseñanza del Derecho*. La Plata: JURSOC.

da Silva Andrade, M. A., Conrado, D. M., de Freitas Nunes-Neto, N. y de Almeida, R. O. (2016). Abordagem sobre agrotóxicos em uma sequência didática colaborativa baseada em questões sociocientíficas. *Indagatio Didactica*, 8(1), 1083-1097.

da Silva, R. L. J. y Strieder, R. B. (2016). Articulación Freire-CTS: elaboración de una propuesta sobre Agua. *Indagatio Didactica*, 8(1), 1211-1228.

Defago, A. E. y Ithuralde, R. E. (2018). *El Diseño Curricular de Química del Ciclo Superior de la Educación Secundaria en la provincia de Buenos Aires, Argentina: una*



posible lectura para las aulas. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 15(1), 120301-120316.

de Lima Filho, A. M. y Maciel, M. D. (2016). Sequência didática com emprego da argumentação como estratégia de ensino e do gênero charge sobre alimentos transgênicos como recurso didático. *Indagatio Didactica*, 8(1), 406-421.

de Paula Vissicaro, S., de Mendonça Figueirôa, S. F. y de Araújo, M. S. (2016). Questões sociocientíficas nos anos iniciais do ensino fundamental: o tema água em evidência.

de Toledo, M. O. y Camero, R. E. (2015). Desarrollo de cinco recursos con enfoque CTS para la Enseñanza de Sistema Respiratorio, Circulatorio y Digestivo. *Revista de Investigación*, 39(85), 63-91. *Indagatio Didactica*, 8(1), 1596-1609.

DGCyE (2010b). Diseño curricular para la educación secundaria ciclo superior ES4: Biología. Recuperado de: [http://servicios.abc.gov.ar/lainstitucion/organismos/consejogeneral/disenioscurriculares/secundaria/materias\\_comunes\\_a\\_todas\\_las\\_orientaciones\\_de\\_4anio/biologia\\_4.pdf](http://servicios.abc.gov.ar/lainstitucion/organismos/consejogeneral/disenioscurriculares/secundaria/materias_comunes_a_todas_las_orientaciones_de_4anio/biologia_4.pdf).

DGCyE (2011a). Diseño Curricular para la Educación Secundaria - 5° año ES. Introducción a la Química. Recuperado de: [http://servicios2.abc.gov.ar/recursoseducativos/editorial/catalogodepublicaciones/disenio\\_curricular.html](http://servicios2.abc.gov.ar/recursoseducativos/editorial/catalogodepublicaciones/disenio_curricular.html).

Donoso, S., Gadické, P. y Landaeta, C. (2016). Las zoonosis transmitidas por alimentos pueden afectar su epidemiología, producto del cambio climático y los procesos de globalización. *Chilean Journal of Agricultural & Animal Sciences*, 32(2), 149-156.

239

España, E., Garrido, A. C. y López, Á. B. (2014). La competencia en alimentación. Un marco de referencia para la educación obligatoria. *Enseñanza de las ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas*, 611-629.

Falgas, M., y Talavera, M. (2020). Turkana: Un ejemplo de formación en agricultura sostenible. En A. R. Esteve y M. Talavera (Eds.), *Veinte años de avances y nuevos desafíos en la educación CTS para el logro de los Objetivos de Desarrollo Sostenible* (493-496). Valencia: SIACTS.

Food Standards Agency (2007). Food Competency framework: food skills and knowledge for children and young people by age of 7-9, 11-12, 14 and 16+. Recuperado de: <http://www.food.gov.uk/multimedia/pdfs/competencyria.pdf>.

García-Martínez, N., Martínez, S. G., Martínez, P. A. y Ruiz, L. A. (2018). Ciencia en la cocina. Una propuesta innovadora para enseñar Física y Química en educación secundaria. *Enseñanza de las Ciencias. Revista de investigación y experiencias didácticas*, 36(3), 179-198.

Garrido, A. C. (2018). La competencia en alimentación y el progreso en la comprensión de conceptos básicos implicados en ella. Una propuesta para la educación obligatoria

[Tesis doctoral]. Málaga: Universidad de Málaga. Recuperado de: [https://riuma.uma.es/xmlui/bitstream/handle/10630/16629/TD\\_CABELLO\\_GARRIDO\\_Aurelio\\_Antonio.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://riuma.uma.es/xmlui/bitstream/handle/10630/16629/TD_CABELLO_GARRIDO_Aurelio_Antonio.pdf?sequence=1&isAllowed=y).

Garrido, A., Lorite, M., España Naveira, P. y España Ramos, E. (2021). La competencia en alimentación en tiempos de pandemia. Actas electrónicas del XI Congreso Internacional en Investigación en Didáctica de las Ciencias 2021, Aportaciones de la educación científica para un mundo sostenible. Lisboa: Enseñanza de las Ciencias.

Garriz, A. (1994). Ciencia-Tecnología-Sociedad a diez años de iniciada la corriente, *Educación Química*, 5(4), 217-223.

Hermosillo Marina, S., González Yoval, P. y Abreu de Andrade, V. (2020). Huella ecológica y huerto vertical: una estrategia para el logro de aprendizajes que fomenten una cultura del desarrollo sustentable. En A. R. Esteve y M. Talavera (Eds.), *Veinte años de avances y nuevos desafíos en la educación CTS para el logro de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (45-48)*. Valencia: SIACTS.

Hernández, S. y Ils, C. (2020). Materiales biodegradables como alternativas a los plásticos: Aportes a la educación para el desarrollo sostenible desde un enfoque CTSA. En A. R. Esteve y M. Talavera (Eds.), *Veinte años de avances y nuevos desafíos en la educación CTS para el logro de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (49-52)*. Valencia: SIACTS.

240

Hernández, S. y Kraser, R. (2020). Propuesta didáctica con enfoque CTSA para el abordaje del tema: el agua. En A. R. Esteve y M. Talavera (Eds.), *Veinte años de avances y nuevos desafíos en la educación CTS para el logro de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (101-104)*. Valencia: SIACTS.

Kapp, A. M., Gomes, T. H. P., Fagá, I. T. y Landim, M. F. (2017). Biotecnologia e produção de alimentos: uma análise a partir da perspectiva CTS nos livros didáticos de biologia. *Enseñanza de las Ciencias*, número extraordinario, 4781-4785.

Kimura, A. (2011). Food education as food literacy: privatized and gendered food knowledge in contemporary Japan. *Agriculture and Human Values*, 28(4). 465–482.

Kraser, R. y Hernández, S. (2018). Colorantes alimentarios en bebidas no alcohólicas. Indagación con enfoque CTS. En D. I. Roncaglia y D. Lampert (Eds.), *Para una educación CTS: Construyendo puentes entre la investigación y las prácticas (293-296)*. Buenos Aires: Editorial Autores de Argentina.

Lampert, D. A. (2022). La enseñanza de las enfermedades transmitidas por alimentos y el desarrollo del pensamiento crítico. Aportes desde la geografía de la salud [Tesis de doctorado]. Bernal: Universidad Nacional de Quilmes. Recuperado de: <http://ridaa.unq.edu.ar/handle/20.500.11807/3822>.

Lampert, D., Arango, C. B. y Porro, S. (2021). Una taxonomía para la enseñanza de las Enfermedades Transmitidas por Alimentos basada en la Naturaleza de la Ciencia

y la Tecnología. Actas electrónicas del XI Congreso Internacional en Investigación en Didáctica de las Ciencias 2021, Aportaciones de la educación científica para un mundo sostenible. Lisboa: Enseñanza de las Ciencias.

Lampert, D., Bisotto, A. y Porro, S. (2020). Una aproximación a la ciencia y tecnología de los alimentos para mascotas como caso de estudio para la educación virtual en la escuela secundaria. *Educación en la Química*, 26(2), 303-308.

Lampert, D., Condolucci, M., Arango, C. y Porro, S. (2021). Tecnologías sustentables para la remoción de arsénico en agua como propuesta educativa CTS para escuelas secundarias. En E. Gardenal Crivisqui (Ed.), *El Gran Chaco: buen vivir, diversidad y desarrollo sostenible*. Santiago del Estero: EDUNSE.

Lampert, D., Condolucci, M., Crivaro, L. A. y Porro, S. (2021). Lectura crítica de análisis fisicoquímicos de agua como práctica CTS. *Revista de Enseñanza de la Física*, 33(3), 367-373.

Lampert, D., Cortizas, L., Condolucci, M., Crivaro, L. y Porro, S. (2022). Desastres rápidos y lentos, y la generación de Enfermedades Transmitidas por Alimentos (ETA) y zoonosis en el antropoceno. *Divulgatio. Perfiles académicos De Posgrado*, 6(17), 51–66. DOI: <https://doi.org/10.48160/25913530di17.204>.

Lampert, D. y Porro, S. (2019). Análisis del abordaje de la Naturaleza de la Ciencia y la Tecnología en los libros de “Biología” y de “Salud y Adolescencia” a partir del tema de la alimentación. *Indagatio Didactica*, 11(2), 621-636.

241

Lampert, D. y Russo, M. (2019). Un enfoque CTS en el abordaje de anatomía y fisiología animal en la escuela secundaria. *Indagatio Didactica*, 11(2), 727-736.

Lampert, D., Russo, M. y Porro, S. (2016). Errores y carencias sobre Anatomía en la escuela secundaria. *Actas V Jornadas de Extensión del Mercosur*.

Lampert, D., Salica, M. y Porro, S. (2020). La Naturaleza de la Ciencia y la Tecnología en el tratamiento de las Enfermedades Transmitidas por Alimentos (ETA) en las asignaturas de “Salud y Adolescencia”, “Fundamentos de Química” y “Ambiente, Desarrollo y Sociedad”. *Indagatio Didactica*, 12(4), 405-502.

Merelles, T., Costa, A., Sánchez, A. y Ruano, L. (2005). La educación nutricional desde la Atención Primaria. En C. Vázquez Martínez, A. I. De Cos Blanco, C. y López Nomdedeu (Eds.), *Alimentación y nutrición: manual teórico-práctico (273-283)*. Madrid: Díaz de Santos.

Oliveira, F. F. D. (2018). Educação nutricional em uma proposta CTS: desafios e possibilidades. *Indagatio Didactica*, 11(2), 621-636.

Pérez, L., Llorente, E., Gavidia, V., Caurín, C. y Martínez, M. (2015). ¿Qué enseñar en la educación obligatoria acerca de la alimentación y la actividad física?: Un estudio con expertos. *Enseñanza de las Ciencias*, 33(1), 85-100.

Prieto, T., España, E. y Martín, C. (2012). Algunas cuestiones relevantes en la enseñanza de las ciencias desde una perspectiva Ciencia-Tecnología- Sociedad. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 9(1),71-77.

Reis, R. A. S., Cruz, L. P. y Silva, R. S. (2019). Alimentos Transgênicos: mediando a aprendizagem de alunos do ensino médio sob o enfoque CTS. *Indagatio Didactica*, 11(2), 621-636.

Rembado, M. y Sceni, P. (2009). *La química en los alimentos*. Buenos Aires: Instituto Nacional de Educación Tecnología Saavedra.

Rivarosa, A. S. (2012). La noción de alimentación: una propuesta de enseñanza para el cambio conceptual. *Revista de Educación en Biología*, 12(1), 54.

Salvador, G., Mataix, J. y Serra, Ll. (2006). Grupos de alimentos. En L. Serra Majem y J. Aranceta Bartrina (Eds.), *Nutrición y salud pública. Métodos, bases científicas y aplicaciones* (38-51). Barcelona: Masson.

Santana, N., Andreza, C., Oliveira, R., Ataíde Ferreira, C. y Cintra, E. (2018). A Reciclagem e a Reutilização do Vidro em uma Perspectiva CTSA. En D. I. Roncaglia y D. Lampert (Eds.). *Para una educación CTS: Construyendo puentes entre la investigación y las prácticas*. (28-31). Buenos Aires: Editorial Autores de Argentina.

242 Silva, A. K., Lião, L. M., de Sabóia-Morais, S. M. T., Neto, F. G. y Echeverría, A. R. (2019). Glifosato: um problema da ciência e da tecnologia para a sociedade. *Indagatio Didactica*, 11(2), 77-92.

Silva, P. S. (2016). O projeto Água em Foco como estratégia na formação de professores. *Indagatio Didactica*, 8(1), 655-671.

Trivi, N. A. (2020). El alfajor, un análisis de la golosina nacional argentina desde la geografía cultural. *Estudios sociales. Revista de alimentación contemporánea y desarrollo regional*, 30(55).

Vanderkooy, P. (2010). Food skills of Waterloo Region adults. Fireside Chat Presentation. Recuperado de: [http://www.chnetworks.ca/index.php?option=com\\_phocadownload&view=category&id=7\\_%3Afireside-chat-presentations-2010&Itemid=13&lang=en&limitstart=20](http://www.chnetworks.ca/index.php?option=com_phocadownload&view=category&id=7_%3Afireside-chat-presentations-2010&Itemid=13&lang=en&limitstart=20).

### **Cómo citar este artículo**

Lampert, D. y Porro, S. (2022). Educación alimentaria con enfoque CTS en Argentina. *Revista Iberoamericana de Ciencia, Tecnología y Sociedad –CTS*, 17(51), 221-242. Recuperado de: [inserte URL]

**Educação CTS e as pesquisas acadêmicas do Núcleo Interdisciplinar de Estudos e Pesquisas em Ciência, Tecnologia e Sociedade (NIEPCTS): estado do conhecimento de 2011 a 2022**

**Educación CTS e investigación académica del Centro interdisciplinario de Estudios e Investigación en Ciencia, Tecnología y Sociedad (NIEPCTS): estado del conocimiento de 2011 a 2022**

***STS Education and Academic Research of the Interdisciplinary Center for Studies and Research in Science, Technology and Society (NIEPCTS): State of Knowledge from 2011 to 2022***

**Maria Delourdes Maciel, Ricardo Pereira Sepini,  
Sonia Aparecida Cabral e Everton Joventino da Silva \***

A educação CTS configura-se como uma importante área para o ensino de ciências ao possibilitar uma visão crítica acerca de diversos aspectos relacionados com a ciência, sua influência na sociedade e as relações entre ciência, tecnologia e sociedade. No contexto da educação brasileira considera-se de extrema importância a produção acadêmica dos grupos de pesquisa em educação CTS, como forma de contribuição para a inserção da mesma na educação em ciências. O objetivo desta pesquisa foi analisar as possíveis contribuições da produção acadêmica do Núcleo Interdisciplinar de Estudos e Pesquisas em Ciência, Tecnologia e Sociedade (NIEPCTS) na perspectiva da educação CTS. Trata-se de uma pesquisa do tipo estado do conhecimento em que foram selecionadas as produções acadêmicas (dissertações e teses) desenvolvidas por integrantes do NIEPCTS no período de 2011 a 2022. Para a análise dos dados utilizou-se a técnica de análise de conteúdo (Bardin, 2010). Os resultados evidenciam que as pesquisas desenvolvidas pelo NIEPCTS têm contribuído para fomentar reflexões e práticas relacionadas a educação CTS no currículo, ensino e formação, contemplando seus princípios e objetivos.

243

**Palavras-chave:** educação CTS; estado do conhecimento; grupo de pesquisa; interdisciplinaridade

---

\* *Maria Delourdes Maciel*: coordenadora do Núcleo Interdisciplinar de Estudos e Pesquisas em CTS (NIEPCTS) da Universidade Cruzeiro do Sul, São Paulo, Brasil. Correio eletrônico: maria.maciel@cruzeirosul.edu.br e delourdes.maciel@gmail.com. *Ricardo Pereira Sepini*: Universidade Federal de São João del-Rei, Brasil. Correio eletrônico: ricardopsepini@ufsj.edu.br. *Sonia Aparecida Cabral*: Secretária da Educação do Estado de São Paulo, Brasil. Correio eletrônico: soniaacabral@educacao.sp.gov.br. *Everton Joventino da Silva*: Secretária da Educação do Estado de São Paulo, Brasil. Correio eletrônico: everton.joventino@prof.educacao.sp.gov.br.

La educación CTS permite una visión crítica sobre varios aspectos relacionados con la ciencia, su influencia en la sociedad y las relaciones entre la ciencia, la tecnología y la sociedad. En el contexto de la educación brasileña, la producción académica de los grupos de investigación en educación CTS se considera extremadamente importante a la hora de contribuir a su inserción en la educación científica. Este trabajo analiza los posibles aportes de la producción académica del Centro Interdisciplinario de Estudios e Investigación en Ciencia, Tecnología y Sociedad (NIEPCTS, por sus siglas en portugués) desde la perspectiva de la educación CTS. Se trata de un estudio sobre el estado del conocimiento derivado de una selección de disertaciones y tesis desarrolladas por miembros de NIEPCTS entre 2011 y 2022. Para analizar estos datos se utilizaron técnicas de análisis de contenido. Los resultados muestran que la investigación desarrollada por NIEPCTS ha contribuido a fomentar reflexiones y prácticas relacionadas con la educación CTS en aspectos como el currículo, la docencia y la formación docente, contemplando sus principios y objetivos.

**Palabras clave:** educación STS; estado del conocimiento; grupo de investigación; interdisciplinariedad

*STS education enables a critical view about several aspects related to science, its influence on society and the relationships between science, technology and society. In the context of Brazilian education, the academic production of research groups in STS education is considered extremely important as a way of contributing to its insertion in science education. This paper analyzes the possible contributions of the academic production of the Interdisciplinary Center for Studies and Research in Science, Technology and Society (NIEPCTS, due to its initials in Portuguese) from the perspective of STS education. It is a study on the state of knowledge that derives from a selection of academic productions (dissertations and theses) developed by members of NIEPCTS between 2011 and 2022. To analyze this data, content analysis techniques were used. The results show that the research developed by NIEPCTS has contributed to fostering reflections and practices related to STS education in aspects like curriculum, teaching and teacher training, contemplating its principles and objectives.*

244

**Keywords:** STS education; state of knowledge; research group; interdisciplinarity

## Introdução

A educação CTS foi definida pela National Science Teachers Association dos Estados Unidos (NSTA, 1990) como o ensino aprendizagem da ciência no contexto da experiência humana. Segundo Acevedo (1996, 1997) e Vazquez (1999), a educação CTS representa uma visão de educação centrada na formação de atitudes, valores e normas de comportamento a respeito da intervenção da ciência e tecnologia na sociedade (e vice-versa); representa uma inovação do currículo escolar de caráter geral, com propostas de alfabetização em ciência e tecnologia para todas as pessoas. Para Acevedo (1996), o objetivo da ECTS é a formação de estudantes responsáveis como cidadãos, capazes de poder tomar decisões racionais e democráticas na sociedade civil.

Para dar conta desta formação, a National Science Teachers Association dos Estados Unidos - NSTA (1990) apontou alguns princípios que devem pautar uma educação CTS: i) identificação de problemas sociais relevantes para os estudantes e de interesse e impacto local ou mundial; ii) emprego de recursos humanos e materiais locais para localizar a informação a ser empregada na resolução dos problemas; iii) participação ativa dos estudantes na busca de informações que possam aplicar na resolução de problemas da vida real; iv) extensão da aprendizagem para além da escola; v) consideração do impacto da ciência e tecnologia sobre o estudante de forma individual; vi) visão de que conteúdo científico não se restringe a um conjunto de conceitos que os estudantes devem dominar para serem aprovados em exames; vii) aquisição de habilidades necessárias para que os estudantes resolvam seus próprios problemas; viii) orientação vocacional científica ou técnica do estudante; ix) atuação e a colaboração dos estudantes em suas próprias comunidades na solução dos problemas detectados; x) identificação dos meios pelos quais a ciência e tecnologia pode impactar a sociedade no futuro; e xi) certa autonomia para os estudantes durante o seu processo de aprendizagem.

245

Esses princípios da educação CTS estão presentes no currículo, no ensino e na formação dos professores por meio de indicadores como: i) atitudes; ii) valores; iii) crenças; iv) valorização da cultura; v) autonomia; vi) protagonismo; vii) contextualização do conhecimento; viii) participação coletiva; ix) interdisciplinaridade; x) problematização; xi) resolução de problemas; xii) pesquisa; xiii) natureza da ciência (NDC); xiv) argumentação; xv) pensamento crítico (PC); xvi) alfabetização científica; xvii) letramento científico; xviii) questões sociocientíficas (QSC); xix) desenvolvimento de habilidades e competências necessárias para a compreensão das relações CTS (C&T, C&S, T&S); e xx) a formação cidadã. Esses e outros indicadores estão presentes em documentos norteadores da educação brasileira como a Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional – LDB 9394/96 – (Brasil, 1996) Parâmetros Curriculares Nacionais – PCN – (Brasil, 2002); Base Nacional Comum Curricular – BNCC (Brasil, 2017) e nos trabalhos de alguns pesquisadores.

A LDB 9394/96 (Brasil, 1996) em seu Art. 22, destaca que a educação básica tem por finalidades desenvolver o educando, assegurar-lhe a formação comum indispensável para o exercício da cidadania e fornecer-lhe meios para progredir no trabalho e em estudos posteriores. O Art. 27 trata dos conteúdos curriculares da

educação básica e afirma que estes observarão a difusão de valores fundamentais ao interesse social, aos direitos e deveres dos cidadãos, de respeito ao bem comum e à ordem democrática. No Art. 32, temos: a compreensão do ambiente natural e social, do sistema político, da tecnologia, das artes e dos valores em que se fundamenta a sociedade; o desenvolvimento da capacidade de aprendizagem, tendo em vista a aquisição de conhecimentos e habilidades e a formação de atitudes e valores. O Art. 35 fala da preparação básica para o trabalho e a cidadania do educando, para continuar aprendendo, de modo a ser capaz de se adaptar com flexibilidade a novas condições de ocupação ou aperfeiçoamento posteriores; do aprimoramento do educando como pessoa humana, incluindo a formação ética e o desenvolvimento da autonomia intelectual e do pensamento crítico; da compreensão dos fundamentos científico-tecnológicos dos processos produtivos, relacionando a teoria com a prática, no ensino de cada disciplina. O Art. 43 trata da educação superior e afirma que esta deve incentivar o trabalho de pesquisa e investigação científica, visando o desenvolvimento da ciência e da tecnologia e da criação e difusão da cultura e, desse modo, desenvolver o entendimento do homem e do meio em que vive. Conclui-se, portanto, que de acordo com a LDB 9394/96, para que o exercício pleno da cidadania e a formação do cidadão autônomo, crítico, participativo seja garantido, a escola e a universidade precisam dar condições para que os estudantes desenvolvam as competências apontadas pelo próprio documento, muitas delas relacionadas com os princípios e os objetivos da educação CTS, ou seja, a formação de estudantes responsáveis como cidadãos, capazes de poder tomar decisões racionais e democráticas na sociedade civil.

246

Os PCN (Brasil, 2022, p.12-13), que trata do ensino médio, ao abordar o papel da educação na sociedade tecnológica diz que a sociedade atual, decorrente da revolução tecnológica e seus desdobramentos, possibilita assegurar à educação uma autonomia ainda não alcançada; fala sobre o desenvolvimento das competências cognitivas e culturais exigidas para o pleno desenvolvimento humano; da necessidade do desenvolvimento das competências básicas tanto para o exercício da cidadania quanto para o desempenho de atividades profissionais. Fala sobre competências, criatividade, curiosidade, capacidade de pensar múltiplas alternativas para a solução de um problema, desenvolvimento do pensamento divergente, capacidade de trabalhar em equipe, disposição para procurar e aceitar críticas, disposição para o risco, desenvolvimento do pensamento crítico, saber comunicar-se e buscar conhecimento. Os PCN afirmam que estas são competências que devem estar presentes na esfera social, cultural, nas atividades políticas e sociais como um todo, e que são condições para o exercício da cidadania num contexto democrático.

A BNCC (Brasil, 2017) define o conjunto orgânico e progressivo de aprendizagens essenciais que todos os alunos devem desenvolver ao longo das etapas e modalidades da educação básica. Estabelece conhecimentos, competências e habilidades que se espera que todos os estudantes desenvolvam ao longo da escolaridade básica, orientada pelos princípios éticos, políticos e estéticos traçados pelas diretrizes curriculares nacionais da educação básica. Define competência como a mobilização de conhecimentos (conceitos e procedimentos), habilidades (práticas, cognitivas e socioemocionais), atitudes e valores para resolver demandas complexas da vida cotidiana, do pleno exercício da cidadania e do mundo do trabalho. Afirma que as aprendizagens essenciais devem assegurar aos estudantes o desenvolvimento de



dez competências gerais. Entre as dez competências gerais da BNCC, identificamos em oito delas relação com os princípios e objetivo da educação CTS.

Na competência 1 identificamos uma relação com a história da ciência e da tecnologia, a sociologia e a cultura, ao propor a valorização e o uso de conhecimentos historicamente construídos sobre o mundo físico, social, cultural e digital, para que o estudante possa para entender e explicar a realidade. Isso supõe que ele seja alfabetizado cientificamente e tenha desenvolvido o pensamento crítico, a fim de que possa continuar aprendendo. Fala, ainda, sobre colaborar para a construção de uma sociedade justa, democrática e inclusiva, o que demanda um trabalho coletivo da escola e da comunidade.

A competência 2 da BNCC fala sobre exercitar a curiosidade intelectual e recorrer à abordagem própria das ciências. Daí deduzimos a importância de se ensinar sobre a natureza da ciência e da tecnologia (NDC&T), incluindo a investigação, a reflexão, a análise crítica, a imaginação e a criatividade, aspectos relacionados com o desenvolvimento da capacidade argumentativa e do pensamento crítico. Destaca a capacidade de investigar causas e de elaborar e testar hipóteses como importantes elementos associados ao desenvolvimento a capacidade argumentativa; formular e resolver problemas envolvendo o pensamento crítico; criar soluções, inclusive tecnológicas, com base nos conhecimentos das diferentes áreas. Isso tem relação com o letramento científico matemático.

Na competência 5 a BNCC propõe compreender, utilizar e criar tecnologias digitais de informação e comunicação. Essa competência demanda uma boa alfabetização científica e tecnológica do estudante, além de letramento científico em tecnologias para que o mesmo possa, de forma crítica, significativa, reflexiva e ética, executar várias atividades, o que exige pensamento crítico para atuar nas diversas práticas sociais, incluindo as escolares. Trata, também do comunicar, acessar e disseminar informações; produzir conhecimentos, resolver problemas e exercer protagonismo e autoria na vida pessoal e coletiva. A autonomia, o pensamento crítico e o protagonismo são questões de destaque na educação CTS.

247

A competência 6 da BNCC defende a valorização da diversidade de saberes e vivências culturais e a apropriação de conhecimentos e experiências que lhe possibilitem ao estudante entender as relações próprias do mundo do trabalho. Este aspecto da educação CTS é muito importante para que o estudante possa, com liberdade, autonomia, consciência crítica e responsabilidade, fazer escolhas alinhadas ao exercício da cidadania e ao seu projeto de vida. Vemos aqui a importância da autonomia, do pensamento crítico e da formação para a cidadania.

A competência 7 destaca a competência argumentativa com base em fatos, dados e informações confiáveis, para formular, negociar e defender ideias, pontos de vista e decisões comuns que respeitem e promovam os direitos humanos. Vemos aqui a argumentação como uma habilidade chave relacionada com o desenvolvimento da criticidade e do pensamento científico. Esta competência destaca, ainda, a formação da consciência socioambiental e a importância do consumo responsável em âmbito local, regional e global, com posicionamento ético em relação ao cuidado de si mesmo,

dos outros e do planeta. Vemos aqui aspectos relacionados com ciência, tecnologia, sociedade e ambiente (CTSA), sustentabilidade e NDC&T.

A competência 8 da BNCC destaca a importância de o sujeito conhecer-se, apreciar-se e cuidar de sua saúde física e emocional, compreendendo-se na diversidade humana e reconhecendo suas emoções e as dos outros, com autocrítica e capacidade para lidar com elas. A autocrítica, a responsabilidade consigo mesmo e com os outros é de suma importância para a vida individual do estudante e a vida do mesmo em sociedade.

Na competência 9 a BNCC destaca a empatia, o diálogo, a resolução de conflitos e a cooperação; do fazer-se respeitar, do respeito ao outro e aos direitos humanos. Esses são princípios democráticos importantes para uma vida em sociedade. Fala de acolhimento e valorização da diversidade de indivíduos e de grupos sociais, seus saberes, identidades, culturas e potencialidades, sem preconceitos de qualquer natureza, aspectos tão importantes para a vida em sociedade.

Finalmente, na competência 10, a BNCC trata do agir pessoal e coletivo com autonomia, responsabilidade, flexibilidade, resiliência e determinação, tomando decisões com base em princípios éticos, democráticos, inclusivos, sustentáveis e solidários. Todos esses aspectos têm relação direta com a educação CTS, pois se referem à formação para a cidadania.

248

Essas mesmas habilidade e competências são defendidas por diferentes autores. A Alfabetização Científica é defendida por autores como Acevedo, Vázquez e Manassero (2003), Sasseron (2008), Sasseron e Carvalho (2011). Acevedo, Vázquez e Manassero consideram a alfabetização científica como uma atividade mais importante do ensino de ciências, a qual se desenvolve gradualmente ao longo da vida. A veem de forma conectada com as características sociais e culturais do indivíduo e defendem a ideia de que não existe um único modelo para se executar a prática da AC no processo escolar, pois os objetivos variam de acordo com o contexto sociocultural em que os estudantes estão inseridos. Sasseron e Carvalho (2011), a partir da análise da literatura, elaboraram algumas linhas propositivas para a alfabetização científica, a serem consideradas pelo professor durante o planejamento de propostas didáticas que tenham como objetivo promover o desenvolvimento da alfabetização científica. A essas linhas as autoras chamam de eixos estruturantes da alfabetização científica.

Quando nos referimos ao contexto do ensino de ciências as características da construção do conhecimento científico são traduzidas pela expressão NDC. Logo, a NDC é entendida como um conjunto de elementos que tratam da construção, do estabelecimento de relações e da organização do conhecimento científico. Acevedo (2008) e Durban (2016) consideram que um dos objetivos do ensino de ciências é justamente fazer com que o aluno compreenda a ciência como parte de um contexto social e cultural, com seus valores e regras e que o conhecimento científico é resultado de uma construção humana.

Jiménez-Aleixandre (2005) e Sasseron e Carvalho (2011) consideram que uma das principais características do processo de construção das Ciências é a linguagem

argumentativa. Jiménez-Aleixandre analisa o debate de questões sociocientíficas em sala de aula e propõe a argumentação como a justificação do conhecimento científico como forma de sustentação de provas, dados empíricos ou teóricos, seus enunciados, hipóteses e conclusões. Sasseron e Carvalho complementando essa ideia de Jiménez-Aleixandre propõem a construção de um ciclo argumentativo em discussões de sala de aula, durante a construção de noções sobre ciências. Nessa proposta as autoras analisam a possibilidade de se trabalhar tanto com indicadores de AC quanto com a construção de argumentos pelos professores e pelos alunos.

Vieira e Martins (2010) e Tenreiro-Vieira e Vieira (2013) relacionam o pensamento crítico com um pensar ético e eficaz para resolver problemas e tomar decisões. Está relacionado com aquilo que o sujeito acredita como correto. Consideram que o pensamento crítico inclui quatro dimensões: capacidades, disposições/attitudes, normas e critérios e conhecimentos. Logo, o desenvolvimento do pensamento crítico proposto na educação básica e superior brasileira não é uma competência fácil de se desenvolver. Solbes (2013) propõe algumas atividades relacionadas com questões sociocientíficas que podem auxiliar o professor no desenvolvimento do pensamento crítico.

A perspectiva de uma educação CTS por meio das questões sociocientíficas no ensino de ciências é algo bastante relevante, pois tende a auxiliar os estudantes a construir seus próprios argumentos e tomarem suas decisões. O trabalho com questões sociocientíficas propiciam ações pedagógicas interdisciplinares, pois em geral envolvem, além das questões científicas e sociais, questões ambientais, legais e éticas. Formar cidadãos críticos e atuantes, responsáveis por suas decisões, demanda esforço contínuo do professor para que o estudante aprenda a se posicionar frente às situações problemas; compreenda os avanços científicos como oriundos de um processo histórico, social, político e econômico; tenha visão crítica sobre o desenvolvimento científico e tecnológico. Essa visão crítica pode ser estimulada e vivenciada desde os anos iniciais do ensino fundamental, com a inserção de temas sociocientíficos e o exercício da argumentação, proporcionado pelo uso de metodologias de ensino e estratégias didáticas que valorizem a participação e acolha as opiniões dos estudantes em processo de formação. Reis (2004, 2006) e Solbes (2013) defendem o uso de questões sociocientíficas como um caminho possível para o desenvolvimento da argumentação e do pensamento crítico.

Santos e Mortimer (2002, 2009) analisam os pressupostos da educação CTS na educação brasileira e apontam a inserção das relações CTS no currículo. Segundo os autores, os currículos com ênfase em CTS apresentam-se de quatro formas distintas: i) numa concepção de ciência como atividade humana que tenta controlar o ambiente e a nós mesmos, atividade esta que intimamente relacionada à tecnologia e às questões sociais; ii) numa visão de sociedade que busca desenvolver no cidadão comum e nos cientistas, uma visão operacional sobre como são tomadas decisões sobre problemas sociais relacionados à ciência e tecnologia; iii) numa concepção de aluno como um sujeito preparado para tomar decisões, alguém que compreende a base científica da tecnologia e a base prática das decisões; e iv) numa ideia de que o professor é aquele que desenvolve o conhecimento comprometido com as inter-relações entre ciência, tecnologia e tomada de decisões. Os autores consideram que

o objetivo central da educação de CTS no ensino médio é desenvolver a alfabetização científica e tecnológica dos estudantes de modo a auxiliar os mesmos na construção de conhecimentos científicos; no desenvolvimento de habilidades e valores que os ajude na tomada de decisões sobre questões CTS e atuar na solução de tais questões.

López e Cerezo (1996), Trivelato (1999) e outros abordam diferentes aspectos da educação CTS relacionados ao ensino de ciências e a formação de professores.

No contexto brasileiro temos alguns grupos de pesquisa em educação em ciências e educação CTS, como o Núcleo Interdisciplinar de Estudos e Pesquisas em Ciência, Tecnologia e Sociedade (NIEPCTS), preocupados com essas questões. Desde o ano de 2006 o NIEPCTS, com sede na Universidade Cruzeiro do Sul, na cidade de São Paulo, tem desenvolvido pesquisas pautadas na perspectiva da educação CTS.

Esta pesquisa teve por objetivo analisar as possíveis contribuições da produção acadêmica do Núcleo Interdisciplinar de Estudos e Pesquisas em Ciência, Tecnologia e Sociedade (NIEPCTS) para fomentar o debate na perspectiva da educação CTS.

## Metodologia

Esta pesquisa configura-se como um estado do conhecimento, que segundo Morosina e Fernandes (2014, p. 155), consiste na identificação, registro, categorização que levem à reflexão e síntese sobre a produção científica de uma determinada área, em um determinado espaço de tempo, congregando periódicos, teses, dissertações e livros sobre uma temática específica. Os arquivos das produções acadêmicas foram obtidos por meio do contato com os integrantes do NIEPCTS, bem como por meio do banco de dissertações e teses da Universidade Cruzeiro do Sul.

Para a análise e discussão dos dados, utilizamos a técnica de análise de conteúdo (Bardin, 2010). Esta técnica é dividida em três etapas, a pré-análise, ou fase da organização; a fase de exploração do material ou de categorização e codificação e a fase de tratamento dos resultados).

Na etapa de pré-análise foram selecionadas as produções acadêmicas do NIEPCTS e realizada a leitura flutuante dos resumos das pesquisas. Na exploração do material, foram identificadas as unidades de registro definidas a priori e categorias de análise que emergiram a partir dos dados coletados (**Quadro 1**). Na fase de tratamento dos resultados, a partir das categorias identificadas, buscamos responder a seguinte questionamento: Quais as contribuições da produção acadêmica do NIEPCTS para o currículo, o ensino e a formação de professores, na perspectiva da educação CTS?

**Quadro 1. Definição das unidades de registro e categorias**

Unidades de registro	Categorias de análise	Descrição
Currículo	Material didático	Apresenta descrição de pesquisa acadêmica pautada em materiais didáticos utilizados pelos sistemas de ensino
	Diretrizes	Apresenta descrição de pesquisa acadêmica pautada na análise de diretrizes educacionais de diferentes esferas (federal, estadual ou municipal)
Ensino	Estratégias	Analisa o desenvolvimento e/ou produção de estratégias de ensino
	Avaliação	Analisa o impacto da experiência de ensino
Formação	Inicial	Descreve o desenvolvimento de pesquisa acadêmica com estudantes de graduação
	Continuada	Descreve o desenvolvimento de pesquisa acadêmica com profissionais graduados

Fonte: dados da pesquisa

## Resultados e discussão

Foram analisadas 37 pesquisas acadêmicas, do tipo dissertações e teses, defendidas pelos integrantes do NIEPCTS, na Universidade Cruzeiro do Sul, São Paulo, entre o 1º semestre 2011 ao 1º semestre de 2022.

Quanto as produções acadêmicas desenvolvidas pelo NIEPCTS, o **Quadro 2**, apresenta as pesquisas de mestrado (dissertações), já o **Quadro 3**, as pesquisas de doutorado (teses).

**Quadro 2. Produção acadêmica (dissertações) defendidas por integrantes do NIEPCTS**

Ano	Autor	Título
2022	Eder Anelli da Silva	Itinerários Formativos, Ensino de Matemática e Educação CTS
2022	Eliana de Toledo Almeida	Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS) no Contexto da Educação Básica: uma proposta de Construção de um Projeto Político Pedagógico (PPP) pautado pela Educação CTS
2022	Lucio Evangelista Silva	O Ensino de Botânica com enfoque CTS em livros didáticos de Ciências da Natureza
2021	Valdineia Prates Ribeiro Lopes	Um Olhar para o EMAI sob a Ótica da Educação Matemática Crítica e da Educação CTS: as Atividades de Gráficos e Tabelas
2021	Leda Jane dos Santos	Objetos de conhecimentos do Componente curricular de Ciências da Natureza presentes em obras da literatura infantil
2021	William José dos Santos	Um olhar para o corpo humano na perspectiva da Educação em Ciências, da Cultura e das Competências Socioemocionais
2019	Agda Melania Polydoro	Indicadores de alfabetização científica identificados nas atividades experimentais propostas em livros didáticos de ciências nos anos iniciais
2019	Valéria Gomes Campos Silva	Concepções de Professores dos Anos Iniciais Sobre Alfabetização e Letramento Científico
2019	Juliana Arruda Da Silva	Contribuições da Problematização como Estratégia Didática para a Alfabetização Científica (AC) nas aulas de Ciências
2018	Adelma Francisca Mendes Marques	Alfabetização Científica na Prática de Ensino de Ciências para os Anos Iniciais
2018	Juliana Bezerra de Souza	Proposta de Uma Matriz de Referência em Ciência, Tecnologia E Sociedade (CTS) para análise de vídeos de Ciências no Canal Youtube
2018	Lilia Alessandra Tardelli Bastos Antunes	Bioética na Formação do Enfermeiro
2018	Eveliny Mundin Bortoleto	O Enfoque NdC/CTSA nas Orientações Curriculares para os Anos Iniciais-Ensino Fundamental do Estado de São Paulo-Ciências da Natureza.
2018	Ilda Felix Matheus	Concepções de Alfabetização Científica reveladas por graduandos de um curso de Pedagogia
2017	Laressa Pereira Silva	Sequência Didática (SD) de Microbiologia com enfoque em Natureza da Ciência
2016	Everton Joventino da Silva	A Abordagem de Questões Sociocientíficas Controversas: Potencialidades Identificadas a partir da Análise do Currículo de Ciências do Estado de São Paulo
2015	Wyara Aparecida Araújo De Medeiros	Representação de Estudantes de Licenciatura em Ciências Biológicas sobre as Competências do Profissional Professor

Ano	Autor	Título
2015	Simone Oliveira Amadeu	Necessidades e dificuldades relacionadas ao Ensino de Botânica segundo opinião de Professores de Biologia de Escolas Técnicas Estaduais de São Paulo
2014	Sonia Aparecida Cabral	Natureza da Ciência e da Tecnologia em Sistema de Classificação Biológica: Experiência de Ensino e Aprendizagem com emprego de uma Sequência Didática com Jogos Pedagógicos
2014	Tatiane Rossi Chagas	Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS) nos currículos dos cursos de Licenciatura em Ciências Biológicas de universidades da Cidade de São Paulo.
2012	Laércio Lúcio de Oliveira	Ensino de Matemática, CTS e formação para a cidadania: experiência vivenciada na comunidade de Três Marias, em Peri-Mirim/MA
2012	Mario Sergio De Almeida Muniz	Alfabetização e Letramento Científico no Ensino e aprendizagem de Matemática com enfoque na Natureza da Ciência e Tecnologia
2011	Cláudia Abrahão Hamada	Atitudes de Professores da escola básica em Relação à Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente (CTSA).
2011	Francisca das Chagas França	Ecossistema manguezal e Educação Ambiental: atividades desenvolvidas nas aulas de Ciências com alunos do Ensino Fundamental II

Fonte: dados da pesquisa

### Quadro 3. Produção acadêmica (teses) defendidas por integrantes do NIEPCTS

Ano	Autor	Título
2021	Everton Joventino da Silva	A abordagem de Questões Sociocientíficas na formação continuada de professores de Ciências da Natureza
2020	Agnaldo Ronie Pezarini	Construção e Avaliação de Argumentos e Argumentações produzidas por estudantes de Ciências e de Biologia
2020	Pedro Xavier da Penha	A presença do Enfoque Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS) nos Livros Didáticos de Ciências utilizados nos Anos Finais do Ensino Fundamental na Cidade de Ouro Branco/MG
2019	Adalberon Moreira de Lima	Contribuições de um Programa de Formação Docente, pautado na Argumentação como Estratégia Didática, para o desenvolvimento de Competências Científicas de professores de Ciências Biológicas.
2018	Francisca de Assiz Carvalho	Representações De Licenciandos em Química acerca da influência recíproca entre Ciência Escolar e Sociedade.
2018	Rosana Fernandez Medina Toledo	Desvelando a presença do Enfoque Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS) no Curso Superior de Gastronomia da Universidade Cruzeiro do Sul.

Ano	Autor	Título
2017	Sônia Aparecida Cabral	Formação Continuada de Professores em Natureza da Ciência e Tecnologia com Enfoque nas Competências Científicas
2016	Rosiane Resende Leite	Formação Continuada de Professores de Biologia sobre Natureza da Ciência e Tecnologia (Ndc&T) e à Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS)
2014	Carlos Luis Pereira	O Ensino de Ciências Naturais em uma escola indígena pataxó da Bahia
2014	Ricardo Pereira Sepini	Mudanças nas concepções de atitudes relacionadas com Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS) identificadas a partir de uma atividade de ensino com emprego de Sequência Didática (SD) com enfoque na Natureza da Ciência e da Tecnologia (Ndc&T)
2013	José Antonio Pinto	Mudanças nas Crenças e Atitudes sobre Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS) identificadas a partir de uma Intervenção Pedagógica com professores em formação
2012	Djalma de Oliveira Bispo Filho	Estudo do Impacto de Sequências Didáticas com Enfoque em Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS)/Natureza da Ciência e Tecnologia (Ndc&T) em estudantes de Pedagogia
2011	Marina Guazzelli Soligo	As atitudes de um professor e de seus alunos frente ao ensino de Ciências e a cultura CTSA

254

Fonte: dados da pesquisa

Apresentamos as análises realizadas a partir das seguintes unidades de registro: currículo, ensino e formação.

O currículo representa uma unidade de registro na qual pudemos identificar as seguintes categorias: material didático e diretrizes. O **Quadro 4** destaca as pesquisas acadêmicas realizadas com foco em aspectos do currículo.

#### Quadro 4. Produção acadêmica (teses) defendidas por integrantes do NIEPCTS

Unidade de registro	Categorias de análise	Produções acadêmicas
Currículo	Material didático	Silva (2022); Lopes (2021); Santos (2021); Penha (2020); Santos (2020) Polydoro (2019); Silva (2016); Pereira (2014)
	Diretrizes	Almeida (2022); Silva (2022); Bortoleto (2018); Toledo (2018); Chagas (2014)

Fonte: dados da pesquisa



Em relação a unidade de registro e a categoria material didático, destaca-se a produção de trabalhos não somente com enfoque em ciências da natureza, mas também com a preocupação com a matemática, presente na pesquisa de Lopes (2021) que a partir de pressupostos da matemática crítica e da educação CTS, analisou as contribuições de atividades e gráficos do Projeto de Educação Matemática nos Anos Iniciais (EMAI) para o desenvolvimento do pensamento crítico dos estudantes.

Quanto a pesquisas cujo objeto de estudo formam livros didáticos, destacam-se: Silva (2022) que investigou como a educação CTS é contemplada nos conteúdos de botânica nos anos finais do ensino fundamental; Penha (2020) ao avaliar a presença de pressupostos da educação CTS em livros didáticos dos anos finais do ensino fundamental da cidade de Ouro Branco e de Polydoro (2019) ao analisar a presença de indicadores de alfabetização científica no livro do professor dos anos iniciais do ensino fundamental.

Materiais de apoio, como os disponibilizados pela Secretaria de Educação do Estado de São Paulo, foram utilizados por Silva (2016) como o objetivo de identificar a presença da abordagem de questões sociocientíficas no ensino de ciências dos anos finais do ensino fundamental.

No que se refere a categoria diretrizes, é possível observar que as pesquisas produzidas pelo NIEPCTS abordaram aspectos relacionados a diferentes etapas da educação básica. Neste sentido, destaca-se que para os anos iniciais do ensino fundamental, Bortoleto (2018) verificou a abordagem de do enfoque da NDC/CTS em documentos das orientações curriculares do Estado de São Paulo relacionada a ciências da natureza. Em relação ao ensino médio, Silva (2022) investigou as possíveis relações entre os itinerários formativos, ensino de matemática e a perspectiva CTS, por meio da análise dos documentos oficiais, como a BNCC. No contexto da educação superior, a preocupação com a presença de elementos da educação CTS na matriz curricular de curso superior de tecnologia em gastronomia foi destacado na pesquisa de Toledo (2018).

Destaca-se, ainda, a preocupação em contribuir com os gestores escolares, no sentido de fornecer subsídios para implementações mais efetivas no contexto escolar, como fez Almeida (2018), ao analisar as contribuições da educação CTS na construção de projetos político pedagógicos (PPP), a partir das orientações de diretrizes como Currículo Paulista e a Base Nacional Comum Curricular (BNCC).

Na unidade de registro ensino foram identificadas as categorias estratégia e avaliação, conforme **Quadro 5**.

**Quadro 5. Produção acadêmica (teses) defendidas por integrantes do NIEPCTS**

Unidade de registro	Categorias de análise	Produções acadêmicas
Ensino	Estratégia	Silva (2019); Souza (2018); Silva (2017); Cabral (2014); Muniz (2012); Oliveira (2012)
	Avaliação	Sepini (2014); Pinto (2013)

Fonte: dados da pesquisa

Na categoria de análise, estratégia, observa-se uma preocupação com temáticas como NDC e alfabetização científica no contexto da educação CTS.

Silva (2019) se preocupou em investigar as possíveis contribuições da problematização como estratégia didática de ciências para a alfabetização científica de estudantes do ensino fundamental, a partir do desenvolvimento, aplicação e avaliação de sequências didáticas.

Em relação a estratégia de ensino para estudantes do ensino médio, Silva (2016), ao tratar de conteúdos de microbiologia, desenvolveu, aplicou e avaliou o potencial de sequências didáticas com enfoque em aspectos da NDC e educação CTS.

256

O uso de jogos como estratégia de ensino foi analisado por Cabral (2014), ao identificar as contribuições de uma sequência didática com aspectos da NDC&T, a partir de conceitos de ciência, modelos científicos e classificação dos elementos da natureza.

No que se refere a categoria de análise avaliação, pesquisas como a de Sepini (2014), avaliaram as mudanças de concepções sobre CTS e NDC&T de estudantes do ensino médio e graduandos em ciências biológicas, a partir de uma intervenção didática.

O desenvolvimento de pesquisas sobre formação, possibilitou a identificação de duas categorias: formação inicial e continuada, conforme **Quadro 6**.

**Quadro 6. Produção acadêmica (teses) defendidas por integrantes do NIEPCTS**

Unidade de registro	Categorias de análise	Produções acadêmicas
Formação	Inicial	Pezarini (2020); Lima-Filho (2019); Antunes (2018); Carvalho (2018); Marques (2018); Matheus (2018); Medeiros (2015); Pinto (2013); Bispo-Filho (2012)
	Continuada	Silva (2021); Silva (2019); Cabral (2017); Leite (2016); Amadeu (2015); Hamada (2011); Soligo (2011)

Fonte: dados da pesquisa

Na categoria de análise formação inicial, observa-se que a preocupação das pesquisas desenvolvidas pelo NIEPCTS não se limita, no ensino superior, somente a formação de licenciandos ciências biológicas, mas também de graduandos em pedagogia e em enfermagem.

A preocupação com a formação dos licenciandos em ciências biológicas é tratada por Lima-Filho (2018), ao verificar a possibilidade do desenvolvimento da competência argumentativa a partir de um curso de formação com o emprego de sequências didáticas argumentativas.

Pesquisas com licenciandos de pedagogia, como a de Marques (2018), procurou investigar como as estratégias e recursos didáticos possibilitavam a alfabetização científica a partir do componente curricular de prática de ensino de ciências. Já Matheus (2018), buscou identificar e compreender as concepções de AC dos licenciandos de pedagogia a partir de eixos estruturantes e indicadores da alfabetização científica.

Quanto a formação graduandos em enfermagem, a pesquisa de Antunes (2018) teve como objetivo identificar os conhecimentos científicos a partir de aspectos relacionados com a NDC&T.

Na categoria de análise, formação continuada, observa-se uma presença expressiva de pesquisas com professores dos anos iniciais ou anos finais do ensino fundamental e do ensino médio.

No que se refere a formação continuada de professores dos anos iniciais, Silva (2019) avaliou as concepções dos professores sobre alfabetização científica e letramento científico e as implicações destas concepções com a prática docente.

Quanto a formação continuada de professores dos anos finais do ensino fundamental, Silva (2021) avaliou o potencial da abordagem de questões sociocientíficas na formação de professores de ciências da natureza da Secretaria de Educação do Estado de São Paulo.

Leite (2016) avaliou o impacto de um curso de formação continuada para professores de biologia, ensino fundamental anos finais e ensino médio, da Secretaria Municipal de Belo Horizonte/MG, a partir de aspectos relacionados a NDC&T e alfabetização científica.

Ao concluir as análises das produções do NIEPCTS, retomamos os princípios e objetivos a educação CTS para verificar entre as possíveis contribuições apontadas pela produção acadêmica do NIEPCTS para fomentar o debate na perspectiva da educação CTS, quais princípios estavam contemplados e se os objetivos da educação CTS haviam sido alcançados.

Identificamos nas produções do NIECTS a presença dos princípios da educação CTS no currículo, no ensino e na formação dos professores, principalmente por meio dos indicadores como atitudes, valores e crenças em relação às concepções CTS, como defendem Acevedo (1996, 1997) e Vazquez (1999), manifestados pelos estudantes da escola básica e da graduação, durante a aplicação das sequências didáticas.

Além desses indicadores, as atividades de ensino realizadas durante as formações deram espaço para o desenvolvimento da autonomia e do protagonismo dos estudantes. A contextualização, que articula os temas sociais e conceitos científicos e tecnológicos, é a mais visada pelo enfoque CTS. A contextualização foi uma ferramenta bastante utilizada em diversos ambientes educacionais onde as pesquisas foram realizadas. A contextualização é um aspecto importante quando se ensina natureza da ciência, como defendem Acevedo (1996, 1997), Vazquez (1999) e Durbano (2016).

258

Segundo Reis (2004, 2006), a sociedade tem-se confrontado nos últimos anos com questões controversas de natureza sociocientífica e que exigem uma tomada de posição embasada, fundamentada, por parte dos cidadãos. Isso exige uma formação nesse sentido. Os mesmos autores dizem que é um direito do cidadão ser ouvido quando se trata de questões científicas de natureza ética e social. Mas para que essa participação cidadã aconteça de fato é preciso mobilizar competências específicas nem sempre desenvolvidas na escola, entre elas a competência argumentativa.

Nas pesquisas sobre questões sociocientíficas, aqui analisadas, os conteúdos científicos estavam relacionados com questões sociais, como propõem Reis (2004, 2006) e Solbes (2013) e foram contempladas nas sequências didáticas, assim como na participação coletiva dos estudantes, ao se envolverem na resolução de problemas.

As produções do NIEPCTS são desenvolvidas por pesquisadores de diversas áreas atendidas pelo Programa de Ensino de Ciências e Matemática, o que deu espaço para um trabalho interdisciplinar, onde a pesquisa é a mola mestre parte do aprender e o ensinar. O enfoque CTS no ensino de ciências possibilitou conciliar os conteúdos disciplinares com fatos sociais mais amplos.

O ensino de NDC&T tem caráter interdisciplinar e inclui aspectos da história, filosofia, epistemologia e sociologia da C&T e as relações entre CTS. Estes aspectos precisam ser contemplados. Também faz parte da educação CTS a construção da criticidade, para

que o sujeito saiba lidar com as diversas opiniões presentes no contexto, pois C&T não são os únicos elementos entre diversos pressupostos decisórios. O trabalho com PC (condição para desenvolver o pensamento científico - PCi - envolve raciocínio verbal, análise de argumentos, pensamento como prova de hipótese, uso de probabilidade e incerteza, tomada de decisão e resolução de problemas). A NDC, a argumentação e o pensamento crítico, defendidos respectivamente por Durbano (2016), Jiménez-Aleixandre (2005) e Tenreiro-Vieira e Vieira (2013) foram contemplados nas pesquisas do NIEPCTS, o que possibilitou, também, a alfabetização científica dos mestrands e doutorandos em temas relacionados com as suas pesquisas.

O desenvolvimento de habilidades e competências necessárias para a compreensão das relações CTS e fundamentais para uma formação cidadã estão presentes na maioria das produções analisadas e embasadas na BNCC, o que as configura como pesquisas em ensino aprendizagem da ciência no contexto das ciências da natureza e da experiência humana. Logo, relacionadas diretamente com a educação CTS, o que representa uma inovação do currículo escolar de caráter geral, como afirma Vazquez (1999), com propostas de alfabetização em ciência e tecnologia para todas as pessoas.

Se o objetivo da educação CTS é a formação de estudantes responsáveis como cidadãos, capazes de poder tomar decisões racionais e democráticas na sociedade civil, como diz Acevedo (1996), credita-se que algumas pistas nesse sentido foram apontadas nas pesquisas analisadas.

259

### **Considerações finais**

A opção por realizarmos uma pesquisa do tipo estado do conhecimento permitiu que a análise das contribuições da produção acadêmica desenvolvidas pelo NIEPCTS, de modo que fossem identificadas, a partir da técnica análise de conteúdo, as contribuições das pesquisas, principalmente no que diz respeito a questões como currículo, ensino e formação e como as relações entre categorias como material didático, diretrizes, estratégias, avaliação, formação inicial e continuada.

O desenvolvimento de pesquisas em áreas como gastronomia, matemática, pedagogia e enfermagem, destaca a preocupação dos pesquisadores do grupo, não somente com a educação CTS e sua relação como ensino de ciências da natureza. Outro aspecto a ser considerado é que a formação inicial dos pesquisadores por ser diversificada, contribui para justificar a atuação em diferentes áreas do conhecimento.

Espera que esta pesquisa possa contribuir para que professores e pesquisadores em educação CTS possam conhecer e analisar as pesquisas acadêmicas desenvolvidas pelo NIEPCTS. Identifica-se também a necessidade do desenvolvimento de pesquisas do tipo estado do conhecimento para que possam ser analisadas as contribuições das pesquisas desenvolvidas pelos integrantes do NIEPCTS em periódicos e em eventos como congressos, seminários e encontros.

## Referências bibliográficas

Acevedo, J. A. (1996). Cambiando la práctica docente en la enseñanza de las ciencias a través de CTS. *Revista Borrador*, 13, 26-30.

Acevedo, J. A. (1997). Ciencia, Tecnología y Sociedad (CTS). Un enfoque innovador para la enseñanza de las ciencias. *Revista de Educación de la Universidad de Granada*, 10, 269-275.

Acevedo, J. A., Vázquez, A e Manassero, M. A. (2003). Papel de la Educación CTS en una Alfabetización Científica y Tecnológica para todas las Personas. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 2(2).

Acevedo, J. A. (2008). El estado actual de la naturaleza de la ciencia en la didáctica de las ciencias. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 5(2), 134-169.

Almeida, E. T. (2022). *Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS) no Contexto da Educação Básica: uma proposta de Construção de um Projeto Político Pedagógico (PPP) pautado pela Educação CTS [Dissertação de mestrado]*. São Paulo: Universidade Cruzeiro do Sul.

260

Amadeu, S. O. (2015). *Necessidades e dificuldades relacionadas ao Ensino de Botânica segundo opinião de Professores de Biologia de Escolas Técnicas Estaduais de São Paulo [Dissertação de mestrado]*. São Paulo: Universidade Cruzeiro do Sul.

Antunes, L. A. T. B. (2018). *Bioética na Formação do Enfermeiro. [Dissertação de mestrado]*. São Paulo: Universidade Cruzeiro do Sul.

Bardin, L. (2011). *Análise de conteúdo*. Lisboa: Edições 70.

Bispo-Filho, D. O. (2012). *Estudo do Impacto de Sequências Didáticas com Enfoque em Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS)/Natureza da Ciência e Tecnologia (NdC&T) em estudantes de Pedagogia [Tese de doutorado]*. São Paulo: Universidade Cruzeiro do Sul.

Bortoleto, E. M. (2018). *O Enfoque NdC/CTSA nas Orientações Curriculares para os Anos Iniciais-Ensino Fundamental do Estado de São Paulo-Ciências da Natureza [Dissertação de mestrado]*. São Paulo: Universidade Cruzeiro do Sul.

Brasil (1996). *Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional. LDB. 9394/1996*.

Brasil (2002). *Parâmetros Curriculares Nacionais Ensino Médio-Secretaria de Educação Média e Tecnológica*.

Brasil (2017). *Ministério da Educação. Base Nacional Comum Curricular (BNCC). Educação é a Base. Brasília: MEC/CONSED/UNDIME*.

Cabral, S. A. (2014). *Natureza da Ciência e da Tecnologia em Sistema de Classificação Biológica: Experiência de Ensino e Aprendizagem com emprego de uma Sequência Didática com Jogos Pedagógicos* [Dissertação de mestrado]. São Paulo: Universidade Cruzeiro do Sul.

Cabral, S. A. (2017). *Formação Continuada de Professores em Natureza da Ciência e Tecnologia com Enfoque nas Competências Científicas* [Tese de doutorado]. São Paulo: Universidade Cruzeiro do Sul.

Chagas, T. R. (2014). *Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS) nos currículos dos cursos de Licenciatura em Ciências Biológicas de universidades da Cidade de São Paulo* [Dissertação de mestrado]. São Paulo: Universidade Cruzeiro do Sul.

Carvalho, F. A. *Representações De Licenciandos em Química acerca da influência recíproca entre Ciência Escolar e Sociedade* [Tese de doutorado]. São Paulo: Universidade Cruzeiro do Sul.

Durbano, J. P. Di M. (2016). *A Natureza da Ciência. Importância, Pesquisa e Introdução*. Curitiba: Prismas.

França, F. C. (2011). *Ecosistema manguezal e Educação Ambiental: atividades desenvolvidas nas aulas de Ciências com alunos do Ensino Fundamental II* [Dissertação de mestrado]. São Paulo: Universidade Cruzeiro do Sul.

Hamada, C. A. (2011). *Atitudes de Professores da escola básica em Relação à Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente (CTSA)* [Dissertação de mestrado]. São Paulo: Universidade Cruzeiro do Sul.

Jiménez-Aleixandre, M. P. (2005). *A argumentação sobre questões sócio-científicas: processos de construção e justificação do conhecimento na aula*. ATAS do ENPEC. São Paulo: Bauru.

Leite, R. R. (2016). *Formação Continuada de Professores de Biologia sobre Natureza da Ciência e Tecnologia (NdC&T) e à Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS)* [Tese de doutorado]. São Paulo: Universidade Cruzeiro do Sul.

Lima, A. M. (2019). *Contribuições de um Programa de Formação Docente, pautado na Argumentação como Estratégia Didática, para o desenvolvimento de Competências Científicas de professores de Ciências Biológicas* [Tese de doutorado]. São Paulo: Universidade Cruzeiro do Sul.

Lopes, V. P. R. (2021). *Um Olhar para o EMAI sob a Ótica da Educação Matemática Crítica e da Educação CTS: as Atividades de Gráficos e Tabelas* [Dissertação de mestrado]. São Paulo: Universidade Cruzeiro do Sul.

Luján López, J. L. y López Cerezo, J. A. (1996). *Educación CTS en acción: enseñanza secundaria y universidad*. Em M. I. G. García, J. A. López Cerezo e J. L. Luján López (Eds.), *Ciencia, tecnología y sociedad: una introducción al estudio social de la ciencia y la tecnología*. Madrid: Tecnos.

Matheus, I. F. (2018). *Concepções de Alfabetização Científica reveladas por graduandos de um curso de Pedagogia* [Dissertação de mestrado]. São Paulo: Universidade Cruzeiro do Sul.

Marques, A. F. M. (2018). *Alfabetização Científica na Prática de Ensino de Ciências para os Anos Iniciais* [Dissertação de mestrado]. São Paulo: Universidade Cruzeiro do Sul.

Medeiros, W. A. A. (2015). *Representação de Estudantes de Licenciatura em Ciências Biológicas sobre as Competências do Profissional Professor* [Dissertação de mestrado]. São Paulo: Universidade Cruzeiro do Sul.

Muniz, M. S. A. (2012). *Alfabetização e Letramento Científico no Ensino e aprendizagem de Matemática com enfoque na Natureza da Ciência e Tecnologia* [Dissertação de mestrado]. São Paulo: Universidade Cruzeiro do Sul.

Morosinia, M. C. e Fernandes, C. M. B. (2014). Estado do Conhecimento: conceitos, finalidades e interlocuções. *Educação Por Escrito*, 5(2), 154-164.

National Science Teachers Association (1990). *Science-Technology-Society: A New Effort for Providing Appropriate Science for all* (Position Statement). NSTA Handbook, 47-48. Washington DC: NSTA.

262

Oliveira, L. L. (2012). *Ensino de Matemática, CTS e formação para a cidadania: experiência vivenciada na comunidade de Três Marias, em Peri-Mirim/MA* [Dissertação de mestrado]. São Paulo: Universidade Cruzeiro do Sul.

Penha, P. X. (2020). *A presença do Enfoque Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS) nos Livros Didáticos de Ciências utilizados nos Anos Finais do Ensino Fundamental na Cidade de Ouro Branco/MG* [Tese de doutorado]. São Paulo: Universidade Cruzeiro do Sul.

Pereira, C. L. (2014). *O Ensino de Ciências Naturais em uma escola indígena pataxó da Bahia* [Tese de doutorado]. São Paulo: Universidade Cruzeiro do Sul.

Pezarini, A. R. (2020). *Construção e Avaliação de Argumentos e Argumentações produzidas por estudantes de Ciências e de Biologia* [Tese de doutorado]. São Paulo: Universidade Cruzeiro do Sul.

Pinto, J. A. (2013). *Mudanças nas Crenças e Atitudes sobre Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS) identificadas a partir de uma Intervenção Pedagógica com professores em formação* [Tese de doutorado]. São Paulo: Universidade Cruzeiro do Sul.

Polydoro, A. M. (2019). *Indicadores de alfabetização científica identificados nas atividades experimentais propostas em livros didáticos de ciências nos anos iniciais* [Dissertação de mestrado]. São Paulo: Universidade Cruzeiro do Sul.



Santos, L. J. (2021). *Objetos de conhecimentos do Componente curricular de Ciências da Natureza presentes em obras da literatura infantil* [Dissertação de mestrado]. São Paulo: Universidade Cruzeiro do Sul.

Santos, W. J. (2021) *Um olhar para o corpo humano na perspectiva da Educação em Ciências, da Cultura e das Competências Socioemocionais*. [Dissertação de mestrado]. São Paulo: Universidade Cruzeiro do Sul.

Santos, W. L. P. e Mortimer, E. F. (2002). *Uma análise de pressupostos teóricos da abordagem C-T-S (Ciência – Tecnologia – Sociedade) no contexto da educação brasileira*. *Ensaio. Pesquisa em Educação em Ciências*, 2(2).

Santos, W. L. P. e Mortimer, E. F. (2009). *Abordagem de Aspectos Sociocientíficos em Aulas de Ciências: Possibilidades e Limitações*. *Investigações em Ensino de Ciências*, 14(2), 191-218.

Sasseron, L. H. (2008). *Alfabetização Científica no ensino Fundamental – Estrutura e Indicadores deste processo em sala de aula* [Tese de doutorado]. São Paulo: Universidade Cruzeiro do Sul.

Sasseron, L. H. e Carvalho, A. M. P (2011). *Alfabetização Científica: Uma Revisão Bibliográfica*. *Investigações em Ensino de Ciências*, 16(1), 59-77.

Silva, E. A. (2022). *Itinerários Formativos, Ensino de Matemática e Educação CTS* [Dissertação de mestrado]. São Paulo: Universidade Cruzeiro do Sul.

263

Silva, E. J. (2016). *A Abordagem de Questões Sociocientíficas Controversas: Potencialidades Identificadas a partir da Análise do Currículo de Ciências do Estado de São Paulo* [Dissertação de mestrado]. São Paulo: Universidade Cruzeiro do Sul.

Silva, E. J. (2021). *A abordagem de Questões Sociocientíficas na formação continuada de professores de Ciências da Natureza* [Tese de doutorado]. São Paulo: Universidade Cruzeiro do Sul.

Silva, J. A. (2019). *Contribuições da Problematização como Estratégia Didática para a Alfabetização Científica (AC) nas aulas de Ciências* [Dissertação de mestrado]. São Paulo: Universidade Cruzeiro do Sul.

Silva, L. P. (2017). *Sequência Didática (SD) de Microbiologia com enfoque em Natureza da Ciência* [Dissertação de mestrado]. São Paulo: Universidade Cruzeiro do Sul.

Silva, L. E. (2022). *O Ensino de Botânica com enfoque CTS em livros didáticos de Ciências da Natureza* [Dissertação de mestrado]. São Paulo: Universidade Cruzeiro do Sul.

Silva, V. G. C. (2019). *Concepções de Professores dos Anos Iniciais Sobre Alfabetização e Letramento Científico* [Dissertação de mestrado]. São Paulo: Universidade Cruzeiro do Sul.

Sepini, R. P. (2014). Mudanças nas concepções de atitudes relacionadas com Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS) identificadas a partir de uma atividade de ensino com emprego de Sequência Didática (SD) com enfoque na Natureza da Ciência e da Tecnologia (NdC&T) [Tese de doutorado]. São Paulo: Universidade Cruzeiro do Sul.

Solbes, 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.

Souza, J. B. (2018). Proposta de Uma Matriz de Referência em Ciência, Tecnologia E Sociedade (CTS) para análise de vídeos de Ciências no Canal Youtube [Dissertação de mestrado]. São Paulo: Universidade Cruzeiro do Sul.

Soligo, M. G. (2021). As atitudes de um professor e de seus alunos frente ao ensino de Ciências e a cultura CTSA [Tese de doutorado]. São Paulo: Universidade Cruzeiro do Sul.

Toledo, R. F. M. (2018). Desvelando a presença do Enfoque Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS) no Curso Superior de Gastronomia da Universidade Cruzeiro do Sul [Tese de doutorado]. São Paulo: Universidade Cruzeiro do Sul.

Tenreiro-Vieira, C. e Vieira, R. M. (2013). Literacia e pensamento crítico: um referencial para a educação em ciências e em matemática. Revista Brasileira de Educação, 18(52).

Trivelato, S. L. F. (1999). A Formação de Professores e o Enfoque CTS. Pensamiento Educativo, 24, 201-234.

Vázquez, A. (1999). Innovando la enseñanza de las ciencias: El movimiento ciencia-tecnología-sociedad. Revista del Colegi Oficial de Doctors i Llicenciats de Balears, 8, 25-35.

Vieira, R. M. e Tenreiro-Vieira, C. (2009). Literacia científica, literacia matemática e pensamento crítico. Enseñanza de las Ciencias, 27, 394-399. Barcelona: Universitat Autònoma de Barcelona.

Vieira, R. M. e Martins, I. P. (2010). Pensamiento crítico y literacia científica. Alambique, Didáctica de las Ciencias Experimentales, 65, 96-103.

### Como citar este artigo

Maciel, M. D., Sepini, R. P., Cabral, S. A. e da Silva, E. J. (2022). Educação CTS e as pesquisas acadêmicas do núcleo interdisciplinar de estudos e pesquisas em CTS (NIEPCTS): estado do conhecimento de 2011 a 2022. Revista Iberoamericana de Ciencia, Tecnología y Sociedad –CTS, 17(51), 243-264. Disponível em: [inserte URL]

**CTS en la educación en ingeniería:  
aportes de la Red de Ingeniería, Tecnología y Sociedad**

**CTS no ensino de engenharia:  
contribuições da Rede Engenharia, Tecnologia e Sociedade**

***STS in Engineering Education:  
Contributions from the Engineering, Technology and Society Network***

**Javier Jiménez Becerra y Jorge Rojas-Álvarez \***

Este artículo analiza los aportes de los estudios de ciencia, tecnología y sociedad (CTS) a la formación en ingeniería a partir de la experiencia docente de la Red de Ingeniería, Tecnología y Sociedad. La red ha diseñado propuestas educativas para estudiantes de ingeniería en sus primeros semestres de formación universitaria y recientemente un enfoque de educación de posgrado. El texto muestra cómo dichas propuestas se apoyan en el pensamiento CTS a partir de una visión integral de la tecnología, interdisciplinariedad y desarrollo de pensamiento crítico. El escrito repasa el momento de inserción del tema CTS a través de la enseñanza activa y el diseño en contexto, y describe la manera en que todo este proceso derivó en la propuesta de un enfoque de gestión social de tecnología de posgrado que pone en diálogo la ingeniería, la participación social y la evaluación tecnológica con el pensamiento CTS.

265

**Palabras clave:** educación en ingeniería; enseñanza activa; diseño en contexto; gestión social de tecnología

---

\* *Javier Jiménez Becerra:* profesor CTS-LAB FLACSO, Ecuador. Correo electrónico: jajimenez@flacso.edu.ec. *Jorge Rojas-Álvarez:* Ph.D. (c), Institute of Communications Research, University of Illinois at Urbana-Champaign, Estados Unidos. Correo electrónico: jorger3@illinois.edu.

Este artigo analisa as contribuições dos estudos do ciência tecnologia e sociedade (CTS) para o ensino de engenharia a partir da experiência docente da Rede Engenharia, Tecnologia e Sociedade. A rede oferece propostas educacionais para estudantes de engenharia nos primeiros semestres do ensino universitário e, recentemente, uma abordagem de ensino de pós-graduação. O texto mostra como essas propostas se baseiam no pensamento CTS a partir de uma visão abrangente da tecnologia, da interdisciplinaridade e do desenvolvimento do pensamento crítico. Por fim, o artigo revisa o momento de inserção do tema CTS por meio do ensino ativo e do design em contexto, e descreve a maneira como todo esse processo levou à proposta de uma abordagem de gestão social de tecnologia de pós-graduação que coloca em diálogo a engenharia, a participação social e avaliação tecnológica com pensamento STS.

**Palavras-chave:** ensino de engenharia; ensino ativo; design em contexto; tecnologia gestão social

*Based on the teaching experience of the Engineering, Technology and Society Network, this paper analyzes the contributions made by STS studies to engineering education. This network offers educational perspectives for engineering students in their first semesters of higher education and has added recently a graduate education approach. This article describes how STS scholarship contributed a comprehensive view of technology, interdisciplinarity and development of critical thinking. Finally, it reviews STS education through active teaching and design in context, and describes the emergence of a graduate certificate program under an engineering, technology and society approach. This program combines engineering, social participation, technological assessment and STS thinking.*

**Keywords:** *engineering education; active teaching; design in context; technology social management*

## Introducción: CTS y la Red Ingeniería, Tecnología y Sociedad

Aunque la ingeniería se destaca como un puente entre sociedad y tecnología, hay ingenieros no satisfechos con su contribución social, ya que sienten que su conocimiento se comparte de forma inequitativa, al no poder brindarlo a las personas menos favorecidas económicamente (Baillie, 2022). En muchas universidades e instituciones, los ingenieros no reciben la educación y el entrenamiento necesarios que apoyen el pensamiento crítico, la toma de decisiones reflexiva y el poder de acción para lograr un cambio social (Riley, 2008). Ante tal insatisfacción, los ingenieros buscan un enfoque que les aporte de forma más plena. Es el caso de los sistemas de infraestructura modernos, que son particularmente importantes para modelar la sociedad. Una falla en una infraestructura de servicios, por ejemplo, genera que millones de personas no tengan acceso a los beneficios de los que gozan otras personas, generalmente de países desarrollados. Ingenieros como estudios CTS juegan un papel básico, desarrollando estratégicamente nueva infraestructura que reconozca la relación entre tecnología y sociedad, garantizando el acceso general a los recursos.

En 2002, la Red Ingeniería, Tecnología y Sociedad se fundó con el propósito de investigar y enseñar sobre el papel de la tecnología en la sociedad actual (Albornoz Barriga *et al.*, 2017). La red se ha involucrado en el desarrollo de propuestas educativas para estudiantes de ingeniería en sus primeros semestres de formación universitaria y recientemente en la educación de posgrado. En sus orígenes la red se inspiró en los desarrollos pedagógicos de un equipo de docentes y profesores españoles, denominado Grupo Educativo ARGO (2003). El desarrollado pedagógico tomado del grupo consiste en el estudio en clase de controversias públicas<sup>1</sup> relacionadas a temas tecnocientíficos con implicaciones sociales o medioambientales, por medio de los cuales se busca entender cómo intervienen varios actores sociales con ideas, opiniones o intereses diversos (Arribas Ramírez y Fernández García, 2001). El trabajo de la red dio origen a cursos como Tecnología y Sociedad, Tecnología y Globalización, Tecnología y Cultura en América Latina e Historia de la Tecnología. La red ha establecido colaboraciones con la Cátedra Ingenio, Ciencia, Tecnología y Sociedad, la Red Colombiana de Ingeniería y Desarrollo Social y con diversas universidades colombianas (Gutiérrez Pérez *et al.*, 2018). Por medio de estas propuestas, RETIS ha consolidado “un programa de investigación y docencia sobre las relaciones entre el cambio tecnológico y el cambio social en Colombia” (Camargo Uribe y García Rozo, 2009, p. 101).

267

En el caso de la formación en ingeniería, la red considera que esta propuesta aporta de una manera significativa en la medida en que:

“(…) actualmente todo ingeniero ha de ser consciente y conocer los procesos y las dinámicas de las decisiones tecnológicas llevadas a cabo dentro del país. De igual forma, para todo ingeniero es

---

1. En la configuración de la controversia y en la identificación de los actores se intenta garantizar un adecuado equilibrio de posturas y argumentos a fin de incentivar y entender la importancia de participación pública de la ciudadanía en ciencia y tecnología (López Cerezo y Verdadero, 2003).

indispensable conocer los efectos que tienen y han tenido tales decisiones tecnológicas, con el fin de advertir no sólo la importancia social de su trabajo, sino también, la importancia de lo social en éste, de modo que se reconozca y estimule la necesidad de apelar a otras perspectivas formales y no formales diferentes a la ingeniería, tanto con el fin de impulsar el trabajo interdisciplinario más cercano a las necesidades nacionales, como el de afianzar lo social y tecnológico no como meras variables a tener en cuenta en las decisiones tecnológicas, sino como horizonte de las decisiones mismas” (Jiménez Becerra *et al.*, 2003, p. 3).

Otras fuentes de inspiración para la red son los esfuerzos surgidos a nivel mundial, que algunos han dominado educación en ingeniería, tecnología y sociedad (Brown *et al.*, 2009; Leydens y Lucena, 2017). Para muchos autores de este campo de estudio, comprender la ingeniería y su práctica profesional es el camino para entender el papel de la tecnología en nuestra sociedad, pues es la profesión que está detrás del desarrollo y mantenimiento de los sistemas tecnológicos (Hughes, 2005). Además, la ingeniería está profundamente vinculada a los procesos de innovación, ya que es la profesión en la que confluyen los componentes físicos, organizativos y sociales que entran en juego en el proceso innovador (Akrich *et al.*, 2006), y por medio de la cual podemos examinar los límites de la racionalidad técnica, ya que lo distintivo de nuestra relación como sociedad con la tecnología es materialidad ingenieril (Hynes y Swenson, 2013).

268 Igualmente, en la medida en que nuestra sociedad se hace más tecnológica, el ingeniero se convierte en un agente social central, porque su práctica profesional organiza, diseña, crea, gestiona e implementa proyectos que están cambiando nuestra sociedad (Claussen *et al.*, 2019). Por esto, la enseñanza del ingeniero no puede ser descontextualizada, ya que su labor futura cada vez más tendrá aspectos sociales de los que sus decisiones difícilmente se podrán desligar.

Este artículo busca reflexionar sobre el aporte de los estudios CTS a la formación en ingeniería a partir de las experiencias recogidas en el desarrollo general de cursos liderados por la red. Dichos cursos, desarrollan una visión integral de la tecnología, interdisciplinariedad y generan capacidades de pensamiento crítico. Este escrito repasa el momento de inserción del tema CTS a través de la enseñanza activa y el diseño en contexto, y describe la manera en que todo este proceso derivó en la propuesta de un enfoque de gestión social de tecnología de posgrado que pone en diálogo la ingeniería, la participación social y la evaluación tecnológica con el pensamiento CTS.

## 1. Diseño de los cursos

El diseño general de los cursos de la Red de Ingeniería, Tecnología y Sociedad comprende los elementos que se explicarán a continuación: objetivos, metodología planteada y momentos pedagógicos.

## 1.1. Objetivo general

Los cursos de la red tienen por objetivo general el análisis de las principales controversias sobre una tecnología en un contexto. En este caso, por ejemplo, las controversias que han surgido alrededor de la inserción de las denominadas tecnologías de la información y la comunicación (TIC) en la educación superior en Colombia. Este análisis, tomó como referencia el marco teórico de una visión sistémica de la tecnología (Pacey, 2014; Vinck, 2012) y como metodología de construcción social de la tecnología (COST) (Bijker *et al.*, 2012).

A través de una visión sistémica de la tecnología, los estudiantes problematizan contextualmente las TIC en la educación superior en Colombia, desde el punto de vista de sus principales aspectos culturales, técnicos y organizacionales, indagando por su identificación, influencias mutuas, y de qué forma prefiguran posibles características de la tecnología acorde a las realidades nacionales. Adicionalmente, con la metodología de la construcción social de la tecnología, se busca generar discusiones sobre la pertinencia y efectividad de dichas tecnologías, así como examinar cada uno de sus actores relevantes identificando sus intereses, estrategias, motivaciones y grandes retos para adoptarlas en el contexto nacional en relación con la conceptualización de la visión sistémica abordada inicialmente.

## 1.2. Metodología del curso

El curso se estructuró a partir de dos actividades vinculantes: primero, la reflexión en torno al contexto y a la problemática de la relación entre tecnología y sociedad; segundo, la construcción de escenarios posibles para la implementación de una solución a la controversia tecnológica del curso por medio de un diseño contextual. Las actividades generales del curso se detallan a continuación:

- *Sesiones de corte teórico.* Presentan el campo de los estudios CTS, ofreciendo ejemplos de la visión sistémica de la tecnología y metodologías como la construcción social de la tecnología (Gordillo, 2017).
- *Estudio de caso.* Aplican una metodología que conjuga el estudio del papel de las TIC en la educación superior en Colombia, con un reconocimiento de los actores sociales y tecnológicos relevantes por parte de los estudiantes. El caso se construye por medio de la indagación en grupos de estudiantes sobre el papel de cada actor buscando rastrear sus intereses, estrategias y motivaciones, y así comprender como funciona el sistema. El estudio de caso cuenta con dinámicas como discusiones, reflexiones personales y grupales de lo tratado en la clase magistral.
- *Videoconferencias en tiempo real.* Expertos en TIC para la educación presentan sus experiencias o se realizan sesiones de aprendizaje no presencial con observación de videos relativos al tema y actividades de escritura cortas.
- *Actividades de escritura.* Se elaboran con base en un problema de la educación superior en Colombia, las videoconferencias en línea y la visión sistémica de la tecnología. Los estudiantes identifican un aspecto a tener en cuenta para

que las TIC aportaran en la resolución del problema de la educación superior, referenciando explícitamente los elementos centrales los materiales de clase y vinculando a un aspecto cultural, organizacional o técnico de su interés (Jiménez Becerra y Rojas-Álvarez, 2015).

### 1.3. Momentos del curso

Para lograr el objetivo propuesto, el curso se divide en los siguientes momentos pedagógicos, que incluyen un tema, un objetivo específico de aprendizaje, algunas preguntas motivadoras y competencias diseñadas para los estudiantes: introducción al problema de la tecnología y la educación superior en Colombia, aspectos culturales de la tecnología, controversias respecto al caso de estudio y aspecto organizacional.

#### 1.3.1. Introducción al problema de la tecnología y la educación superior en Colombia

En este momento pedagógico del curso, se aproxima al estudiante a una visión sistémica de la tecnología y la metodología de construcción social de la tecnología. A la luz de los principales conceptos y herramientas que se introducen en la primera parte del curso, se revisa el panorama de la educación en Colombia y el papel que se le asigna a las TIC.

**Tabla 1. Introducción al problema de la tecnología y la educación superior en el contexto colombiano**

Tema	Preguntas	Objetivo	Competencia
El problema de la tecnología y la educación superior en Colombia	¿Qué es tecnología según una perspectiva sistémica? ¿Cuáles son las diferencias y ventajas de esta visión frente a la tradicional? ¿Qué elementos propone la metodología de COST como relevantes para analizar la tecnología? ¿Cuáles son los principales retos de la educación superior en Colombia?	Generar un espacio para la introducción a una problemática y a las preguntas sobre la tecnología y su relación con la sociedad. Partimos de las inquietudes y experiencias personales de los participantes, así como de las que se han planteado los estudiosos del tema	El estudiante desarrollará habilidades de indagación y de problematización en el caso de las relaciones que se presentan entre tecnología y sociedad
Pregunta para las videoconferencias en tiempo real y observación de videos: ¿Cuál debe ser el papel de las TIC respecto a los retos que enfrentan la educación superior en Colombia?			

Fuente: elaboración propia



### 1.3.2. Aspectos culturales de la tecnología

En este momento pedagógico del curso, se parte de los valores que tienden a asociarse con el uso de las TIC y las demandas del contexto. Se examina el papel de las TIC en la educación superior, así como aspectos pedagógicos y socioculturales relevantes a tener en cuenta.

**Tabla 2. Características relevantes en el diseño de TIC**

Tema	Pregunta	Objetivo	Competencias
TIC: características relevantes en su diseño, aspectos pedagógicos	¿Cómo los procesos de enseñanza apoyados en el uso de las nuevas tecnologías pueden ayudar a mejorar las prácticas de aprendizaje en la educación superior? ¿Cómo las TIC impactan los procesos de aprendizaje, así como las metas y formas de enseñanza? ¿Cómo las TIC cambian la forma tradicional de enseñar y aprender?	Estudiar un sistema sociotécnico de relevancia en la sociedad colombiana, mediante una metodología de aprendizaje activo	El estudiante desarrollará el pensamiento crítico a partir de las relaciones entre tecnología y sociedad y de los actores sociales en un sistema tecnológico determinado. El estudiante construye una visión crítica reflexiva sobre el papel de la tecnología en la educación superior
Preguntas para las videoconferencias en tiempo real y observación de videos: ¿Cuáles son las características de diseño más relevantes de las TIC para la educación superior? ¿Qué pedagogías son apropiadas para la inserción de TIC en la educación?			

Fuente: elaboración propia

### 1.3.3. Controversias respecto al caso de estudio

Se realiza un reconocimiento de manera general de las TIC, a partir de los elementos clave para una evaluación reflexiva, identificando sus características, potencialidades y limitaciones. En este momento del curso, una visión sistémica se enfoca en la interrelación de los distintos aspectos que intervienen en la inserción de las TIC (un contexto específico, con unos objetivos claros y unos actores relevantes). Dicha implementación es viable si responde a los elementos del entorno, a las demandas culturales, económicas, políticas y sociales del contexto donde se buscan insertar.

**Tabla 3. TIC: características técnicas relevantes**

Tema	Pregunta	Objetivo	Competencias
TIC: características relevantes en su diseño, aspectos técnicos y de infraestructura	¿Qué ventajas inherentes al diseño de las TIC pueden repercutir en una mejoría de las prácticas educativas en la educación superior?, ¿Qué oportunidades de mejoramiento les ofrecen estas nuevas tecnologías?	Estudiar un sistema sociotécnico de relevancia en la sociedad colombiana, mediante una metodología de aprendizaje activo	El estudiante desarrollará el pensamiento crítico a partir de las relaciones entre tecnología y sociedad y de los actores sociales en un sistema tecnológico determinado. El estudiante construye una visión crítica reflexiva sobre el papel de la tecnología en la educación superior

Fuente: elaboración propia

#### 1.3.4. Aspecto organizacional

Este aspecto transversal a todo el curso comprende las relaciones entre actores como la clave del éxito de la implementación de cualquier herramienta tecnológica, pues el artefacto en sí mismo no educa. Si no se tiene en cuenta a los actores relevantes al interior del sistema educativo, sus opiniones e intereses, dicha implantación no será exitosa. Los estudiantes identifican qué aspectos organizacionales consideran fundamentales para la correcta inserción de la TIC en la educación superior en Colombia. Es necesario enfocarse en las relaciones entre actores relevantes de la tecnología elegida como solución al problema de la controversia tecnológica. Por ejemplo, en el caso de las TIC para la educación superior se tienen en cuenta actores clave como instituciones, profesores, estudiantes, gobierno, Estado y sociedad civil.

272

## 2. Reflexiones sobre la formación del ingeniero desde la experiencia de la red

Tomando los diversos artículos evaluativos que ha realizado a la red a lo largo de su historia (Jiménez Becerra *et al.*, 2022; Jiménez Becerra y Rojas-Álvarez, 2016, 2017; Valderrama Pineda *et al.*, 2007), así como las reflexiones internas que mantiene en la actualidad, puede decirse que los aportes de las actividades del grupo a la formación de los futuros ingenieros se centraron en la pedagogía, la visión de la tecnología, fundamentación teórica, propuesta interdisciplinaria y el desarrollo del pensamiento crítico.

### 2.1. Aporte pedagógico: visión integral de la tecnología

Entendemos por aporte pedagógico a las contribuciones del enfoque CTS que ayudan al estudiante a comprender, apropiarse y reconocer cómo se desarrollan las relaciones existentes entre la tecnología y la sociedad. Esto también aborda la pertinencia de los cursos para la creación de una cultura y reflexión interdisciplinaria en docencia e

investigación universitaria, lo que incluye tanto a la relación enseñanza-aprendizaje de los contenidos conceptuales de los cursos como al desarrollo de habilidades en el estudiante que le permitan, dentro de la academia y en el futuro profesional y laboral, asumir una posición responsable, crítica y proactiva frente a las realidades tecnológicas y sociales en términos de la toma de decisiones e implementación de tecnologías en Colombia.

En lo que se refiere a la visión de la tecnología, las experiencias de los miembros de la red muestran que haber tenido acceso a una visión o perspectiva no tradicional de la tecnología es una aproximación crítica, contextualizada y no lineal. Los estudiantes pueden identificar diferentes aproximaciones por contraste con elementos de la visión tradicional de la tecnología. La comprensión de estos elementos por parte de los estudiantes puede sintetizarse de la siguiente forma:

- *Visión dinámica vs. visión estática.* Existe una visión tradicional que muestra el cambio tecnológico como el fruto de una serie de eventos concatenados que llevan a ciertos resultados de una manera “natural”. Desde esta perspectiva, el problema de la tecnología sería principalmente cómo implementar ciertos avances en determinados contextos. Por el contrario, los cursos muestran una perspectiva de la tecnología como un proceso social en el que la tecnología es creada por la sociedad y es fundamental que esa misma sociedad se ocupe de su control.
- *Tecnología como fenómeno humano vs. visión artefactual.* Muy relacionado con lo anterior, los cursos amplían la visión generalizada y tradicional de la tecnología según la cual la tecnología comprende solo artefactos y herramientas. Los cursos muestran a la tecnología como un fenómeno eminentemente social; evidencia de ello es que actualmente casi todas, sino todas, las actividades del hombre implican tecnología o se realizan en relación con ella. El hombre depende de la tecnología y por lo tanto es fundamental reflexionar sobre el papel que se le asigna en la sociedad, sus límites y alcances, así como es pertinente estudiar la dimensión ética, moral, y política de las actividades del hombre impregnadas de tecnología.
- *Tecnología como herramienta de construcción social.* Los cursos muestran que la pregunta por la tecnología también es una pregunta por la sociedad que se quiere y la influencia que tiene el tipo de tecnología usado en el tipo de sociedad que se está construyendo. Por ejemplo, dependiendo de la tecnología que escoja una sociedad para abastecerse (agua), educarse (Internet), y a quién se escoja para manejarla (compañías multinacionales, el Estado, las comunidades), se determinan aspectos como la igualdad, la equidad, las oportunidades y su desarrollo futuro en términos generales (Jiménez Becerra y Rojas-Álvarez, 2016).
- *Adecuación de la tecnología vs. neutralidad de la tecnología.* En los cursos, los futuros ingenieros consideran que sus contenidos muestran que no toda tecnología es benévola ni es la más adecuada. Es necesario contextualizar la tecnología según el lugar donde se vaya a implementar, pues las tecnologías que benefician a la población en un país del Primer Mundo en un país subdesarrollado pueden ser nocivas para la población o inútiles para resolver un problema determinado (Fressoli *et al.*, 2013).

- *Tecnología como medio vs. tecnología como fin.* Por último, los cursos evidencian la importancia de asumir la tecnología como un medio para resolver los diversos problemas de una sociedad si se quiere tener una actitud responsable ante la misma. Si se opta por ver la tecnología como un fin en sí mismo, se cae en una actitud ingenua que piensa que los problemas sociales se resolverán con el avance tecnológico (que nunca se debe cuestionar), y que las soluciones a estos problemas no dependen de personas, sino de la implementación de la última tecnología disponible para dicho problema. Esto implica que los problemas de nuestro entorno, nuestra ciudad o país no son problemas de atraso tecnológico.

## 2.2. Fundamentación teórica

En este aspecto se considera que es muy importante mantener una articulación clara en el desarrollo de los temas, que muestre su relación progresiva y que conecte aspectos teóricos que se manejan a lo largo del curso.

En esa medida deben presentarse perspectivas o aproximaciones teóricas a los temas, de forma clara y diferenciada, así como información concreta sobre ellos. Adicionalmente, la participación de expertos, investigadores y tomadores de decisiones en los cursos para ejemplificar cómo suceden las relaciones entre tecnología y sociedad en el mundo actual ha despertado la sensibilidad del estudiante alrededor de la importancia de reflexionar acerca de las interacciones tecnología y sociedad, tanto en términos macro como en la vida cotidiana en la sociedad contemporánea. Por ello es necesario mostrar el cómo y el porqué de la fundamentación teórica y su relación con los cursos.

## 2.3. Propuesta interdisciplinaria

Una de las actividades centrales de la red es la construcción de una perspectiva interdisciplinaria e integrada de la relación entre tecnología y sociedad. Las diversas reflexiones antes citadas consideran que esto solo se cumple en la medida en que la relación entre tecnología y sociedad como módulo genérico ha de incluir, como mínimo, los siguientes niveles de relación: filosófica-epistemológica, dinámica y pragmática. La primera es necesaria para la comprensión de los demás, pero especialmente para la consolidación de fundamentos académicos sólidos. Aquí deben presentarse los supuestos y fundamentos epistemológicos de por qué es importante apelar a un conocimiento interdisciplinario y paradigmático diferente en contraste con las formas tradicionales de analizar y comprender la tecnología y la sociedad.

En segundo lugar, la relación dinámica se trata básicamente de hacer explícita la diferencia entre una visión estática de la tecnología en la que es inerte y artefactual, además de seguir cursos lineales de acción, de aquella visión que la entiende como un proceso social y lógicamente dinámico y discontinuo. Es importante mostrar cómo y dónde se configura dicho proceso, así como identificar modos de producción, mantenimiento y legitimación del conocimiento tecnológico, diferentes usos y concepciones, y evidenciar en qué medida y por qué puede entenderse este conocimiento como un proceso social.

En tercer lugar, la relación pragmática es el nivel menos abstracto de la relación entre tecnología y sociedad, nivel en el que pueden ser articulados los elementos conceptuales trabajados en los cursos y en el que pueden analizarse casos concretos que permitan aprehensión de conocimientos específicos, pero especialmente que permitan a los estudiantes discernir formas de hacer operativo el conocimiento.

#### **2.4. Desarrollo del pensamiento crítico**

Por medio de los cursos y evaluaciones realizadas (Jiménez Becerra y Rojas-Álvarez, 2016), otro elemento central ha sido la configuración de prácticas en educación superior de ingeniería. Dichas prácticas dan lugar al surgimiento del pensamiento crítico y permiten su consolidación como un hábito dentro de la comunidad universitaria. Los cursos ayudan a afinar las herramientas argumentativas y las capacidades asociadas a la codificación, decodificación e interpretación de textos que hacen posible la construcción de conocimiento.

Esta perspectiva se ha reforzado en la red con la consideración de los aspectos que influyen en el diseño en ingeniería. Estos aspectos resaltan la importancia de estudiar el desarrollo tecnológico y el cambio sociocultural en Colombia a través de una metodología activa y asociada al diseño de sistemas tecnológicos en términos sociales, económicos y culturales. Estas dimensiones mejoran la capacidad de diseñar sistemas, trabajar interdisciplinariamente, identificar y resolver problemas de ingeniería, comunicarse con efectividad, entender el contexto local y global y medir el impacto de las soluciones diseñadas, comprender la responsabilidad ética y profesional de la ingeniería y del ingeniero, aprender a aprender y conocer los asuntos contemporáneos. Las dimensiones sociales, económicas y culturales poseen una alta pertinencia al hablar de pensamiento crítico.

275

Todo lo anterior implica incluir en los cursos la reflexión sobre la pluralidad de visiones comprendidas en la construcción de los proyectos tecnológicos, la dificultad de adoptar políticas nacionales polarizadas hacia la globalización, cuestionar la noción de tecnología como ciencia aplicada y la perspectiva neutral y ahistórica del problema tecnológico. También surge el papel del diseño en ingeniería orientado por el pensamiento CTS como escenario para pensar las relaciones entre tecnología y sociedad. A través de esta reflexión se crea un espacio activo y dialógico que permite a los estudiantes construir acuerdos significativos sobre el mundo que ellos quieren. Se espera el desarrollo de habilidades necesarias para la toma de decisiones en el diseño y la implementación sociotécnica, así como para el análisis de sus implicaciones e impacto en la sociedad, y del papel de la ingeniería en la construcción de mundo. Las reflexiones sobre el impacto y el papel de la ingeniería en la construcción sociotécnica se configuran como eje central de la reflexión ética y de los aprendizajes en el ser, hablar, crear y compartir su conocimiento; así como en la actividades para transformarse a sí mismos y transformar de manera responsable su mundo (Lleras, 2010).

### 3. El enfoque de gestión social de tecnología en posgrado

En los últimos años, la red ha participado en el diseño de cursos de CTS para formación interdisciplinaria de posgrado cuya población objetivo son en su mayoría ingenieros (Jiménez Becerra y Rojas-Álvarez, 2016). Estas propuestas consideran que un camino en que la ingeniería puede relacionarse con las políticas públicas y las demandas del sector privado y productivo es a través de la reflexión CTS.<sup>2</sup> Por ejemplo, casos como el de los institutos federales del Brasil han permitido crear una propuesta educativa para la ingeniería y desde la ingeniería que tiene en cuenta, por un lado, las necesidades básicas locales del país y, por otro lado, se convierte en un referente para complementar el desarrollo de competencias y habilidades específicas requeridas en campos que tienen que ver con la infraestructura, el diseño y la asesoría a clústeres y procesos tecnológicos (Ministério da Educação, 2009).

De manera complementaria, y a nivel colombiano, en diversos estudios sobre el perfilamiento de los ingenieros han surgido necesidades de ampliar los procesos formativos del profesional que permitan el diseño y la gestión competente de sistemas sociotécnicos en sus áreas (García *et al.*, 2006), y de propiciar una visión de la tecnología más holística y contextualizada que balancee lo global y lo local del ámbito productivo e incorpore eficazmente equipos interdisciplinarios en proyectos de ingeniería (Osorio Marulanda, 2008).

Por ello, el valor de ofrecer un posgrado relacionado con estudios de ingeniería, tecnología y sociedad radica en la interacción que se logra entre carreras tradicionalmente consideradas de enfoque técnico y carreras de enfoque humanístico. Se logra que el estudiante adquiera un conocimiento interdisciplinario que le permita diversificar sus fortalezas ampliando su rango de acción. No se deja a un lado la enseñanza de habilidades técnicas, sino que estas se enriquecen para lograr una formación académica más completa que satisfaga un mercado laboral que se involucra cada día más con las decisiones que conciernen tanto a la tecnología como a la sociedad.

Se tiene como premisa despertar en el estudiante el interés por el diseño, gestión de tecnología y su impacto en la sociedad. Se trata de enseñar a los estudiantes cómo tomar decisiones que logren un equilibrio en el uso de la tecnología y las demandas sociales y ambientales (Thomas y Santos, 2016). Por estas razones, las materias que se diseñan son variadas en sus contenidos, propiciando el diálogo entre la ingeniería y los problemas sociales; por ejemplo, en materia de políticas gubernamentales sobre ciencia y tecnología, casos de desarrollo tecnológico exitosos y fallidos, así como el desarrollo de infraestructura con procesos de consulta previa con comunidades potencialmente afectadas.

---

2. En especial experiencias internacionales como las del Instituto de Tecnología Grenoble, la Escuela de Minas de Colorado y la Universidad Técnica de Dinamarca, la Universidade Federal de Santa Catarina (Brasil), la Universidade Estadual de Campinas (Brasil) y el Instituto de Estudios Sociales de la Ciencia y la Tecnología de la Universidad Nacional de Quilmes (Argentina).

A través del análisis sociotécnico, y reconociendo los contextos sociales, culturales, económicos e históricos presentes en los diversos actores de la tecnología, se pretende que los estudiantes sean capaces de identificar, problematizar y evaluar transversal e interdisciplinariamente el impacto de un proceso tecnológico de manera reflexiva y situada a la realidad nacional. La consolidación de dicha interacción ha demostrado la pertinencia de la temática CTS con las necesidades sociales y tecnológicas del país donde se desarrolla dicho posgrado, lo cual permite que responda a las demandas directas de entidades del sector productivo (público o privado), ya que logra involucrar actores sociales para los que es pertinente la reflexión sobre la tecnología desde una perspectiva CTS en su ámbito laboral (tomadores de decisiones sobre tecnología, consultores, profesionales asociados al desarrollo de clústeres, grandes sistemas tecnológicos, etc.). En este contexto se constituye una relación directa entre la academia y los sectores productivos.

Así mismo, la consolidación de esta interacción permite que la oferta de posgrado CTS pueda ser pertinente para algunas organizaciones no gubernamentales en el área de tecnologías para el desarrollo, la apropiación y la transferencia de tecnologías para apoyar procesos de desarrollo social. En muchas ocasiones, por tener aportes internacionales, dichas organizaciones buscan ofertas de capacitación donde se trabaje la relación entre tecnología y sociedad en contextos de desarrollo, desde una perspectiva transdisciplinaria específica, por lo general centradas en la aplicabilidad de los conocimientos adquiridos y la “apropiación” de alguna plataforma o programa de transformación social.

### **3.1. Una visión constructivista en la ingeniería**

En el caso de la ingeniería, el programa de posgrado considera que es de suma importancia el desarrollo de una visión constructiva de la ciencia y la tecnología que promueven los estudios CTS, en la medida en que es una profesión que está cada vez más asociada a la toma de decisiones, gestión e implementación de la tecnología; actividades que en el siglo XXI guardan cada vez más relación con los temas de diseño en contexto, la reflexión ética y el diálogo interdisciplinario (Camargo Uribe y García Roza, 2009; Jiménez Becerra y Bustamante Salamanca, 2006).

Para una plena comprensión de esa práctica profesional, es necesario tener en cuenta la formación que reciben los ingenieros. Debido a eso, la investigación en CTS durante las últimas dos décadas ha hecho énfasis en la importancia de comprender la relación entre las prácticas ingenieriles y los procesos sociales. En la medida en que nuestra sociedad se hace más tecnológica, el ingeniero se convierte en un agente social central, porque su práctica profesional organiza, diseña, crea, gestiona e implementa proyectos que están cambiando nuestra sociedad (Schlierf, 2010). Por ejemplo, en las empresas asociadas a temas de infraestructura, los ingenieros juegan un papel preponderante en la toma de decisiones y es necesario que incorporen una visión integral. La educación CTS crea consciencia en el balance que dicha toma de decisiones debe tener entre tecnología y responsabilidad social (Downey, 2008). La enseñanza del ingeniero no puede ser descontextualizada, ya que su labor futura cada vez más tendrá aspectos sociales de los que sus decisiones difícilmente se podrán desligar.

### 3.2. CTS, ingeniería y participación social

Una de las consecuencias más relevantes del abordaje antes descrito está en la importancia que adquiere el generar espacios sociales que permitan promover la participación pública en las decisiones que orientan los desarrollos de la tecnología, a fin de democratizar y acercar a la sociedad las responsabilidades que conlleva el uso e implementación creciente de la tecnología, lo cual no se puede realizar sin comprender las prácticas tecnológicas como la ingeniería.

Reflexionar sobre el papel social asignado a la tecnología es fundamental, pues en la medida en que la tecnología se considera desde una perspectiva moderna, y no se asume una posición crítica frente a ella, se impide que exista una conciencia social alrededor de los artefactos y sus consecuencias. En este sentido, los estudios CTS hacen un llamado a la sociedad para que considere de un modo más concreto los fines hacia los que están dirigidas las tecnologías y buscan un mayor entendimiento de ellas en términos de sus consecuencias para la sociedad contemporánea. También se considera importante asumir y generalizar socialmente una visión ajustada de la tecnología que parta de la desmitificación de los principios básicos que soportan la visión heredada del desarrollo tecnológico (Organización de Estados Iberoamericanos, 2001). Tales principios son:

- A medida que exista más ciencia y tecnología se llega a un mayor beneficio público y social.
- La información científica es una información objetiva que provee la verdad a través de reglas y leyes específicas.
- Los conocimientos generados en las fronteras de la ciencia son autónomos respecto a sus consecuencias morales y prácticas en la sociedad.
- El mito de la autoridad: se considera que la investigación científica proporciona una base objetiva para resolver las disputas que generan los desarrollos de la ciencia y tecnología.
- El mito de la frontera sin fin: se considera que el nuevo conocimiento científico y tecnológico es autónomo respecto de sus consecuencias prácticas en la naturaleza y en la sociedad.

En contraposición a tales principios, se considera importante asumir planteamientos críticos, interpretativos y valorativos que muestren que cualquier producción tecnológica, al igual que otras realizaciones culturales, configura sistemas culturales a través de redes de significado. Esto sucede porque las cualidades fundamentales de un sistema cultural en el que interviene la tecnología están mediadas por artefactos, técnicas y construcciones materiales; y en conjunto establecen un entorno simbólico de conceptualizaciones, interpretaciones y legitimaciones que hacen viable dicho sistema (Medina, 2001). Por esto la tecnología vista desde el enfoque CTS, lejos de ser neutral, refleja los planes, propósitos y valores de nuestra sociedad, por lo que los criterios aportados por los científicos e ingenieros deben ser puestos en diálogo por medio de la participación de la comunidad en toda decisión tecnológica.



### 3.3. CTS, ingeniería y la evaluación de tecnologías

Desde la perspectiva CTS, los grandes logros tecnocientíficos del siglo XX y XXI han evidenciado su gran valor social, pero de igual manera han puesto de manifiesto su capacidad para provocar graves daños a los seres humanos y enormes desastres ambientales. Los criterios de eficacia y de eficiencia económica no pueden ser los únicos patrones que orienten el desarrollo tecnológico. La perspectiva CTS muestra que, en la valoración de las propuestas de desarrollo tecnológico, es importante que se tengan en cuenta también otros criterios y exige que las decisiones sobre los desarrollos tecnológicos se abran al debate público para permitir la participación de todos los implicados y afectados (Gutiérrez *et al.*, 2021).

La evaluación de las tecnologías es, por tanto, fundamental para el enfoque CTS. Por ejemplo, antes de definir el trazado de una carretera (o de decidir que determinada opción es mejor que el ferrocarril como solución a los problemas del transporte), instalar una hidroeléctrica para la producción de energía, aprobar la experimentación con nuevas medicinas o planificar el futuro de un espacio urbano para el crecimiento de una ciudad, conviene evaluar los efectos previsibles de cada una de las opciones sobre el entorno y la vida de las personas. En cada una de esas decisiones de desarrollo tecnológico existen alternativas diversas y cada una de ellas puede tener costes y consecuencias diferenciadas.

En muchos casos, la evaluación clásica de tecnologías se ha reducido a analizar la ecuación entre los costes y los efectos de cada opción para elegir la más apropiada. En este sentido, la evaluación de las consecuencias de una tecnología tiende a ser identificada con la evaluación de los impactos y su eventual aceptación en función de los beneficios esperados de esa tecnología. Sin embargo, no se examina si los beneficios de cierta tecnología compensan sus efectos negativos, como tampoco se mira si solo los criterios técnicos dan cuenta de estos problemas (Lleras Manrique *et al.*, 2016).

279

Desde los posgrados CTS se propone generar modelos de evaluación de tipo constructivo de las tecnologías que buscan incentivar la participación de los diversos actores sociales. Estos modelos buscan ya no involucrar a los actores sociales solo en la valoración de la implementación en una determinada tecnología, sino en su proceso de diseño. Son modelos que buscan anticipar los efectos de una determinada tecnología e incorporar no solo los criterios de los expertos (Valderrama Pineda y Jørgensen, 2018).

Es una apuesta a la participación pública a todos los niveles del desarrollo tecnológico y busca la democratización y la participación social como ejes. Para hacer posible la participación es necesario buscar mecanismos que permitan que los actores sociales estén informados y se interesen en los temas relacionados con las consecuencias y efectos de un determinado desarrollo tecnológico. La importancia entonces de una alfabetización en los temas CTS que nos permita comprender de manera contextualizada y cotidiana los efectos positivos y negativos de la tecnología es una condición para hacer posible la participación pública que democratice las decisiones sobre los desarrollos tecnológicos (Jiménez Becerra *et al.*, 2020).

Para el caso de la ingeniería, la inclusión de la visión CTS permite, tanto a nivel formativo como de la práctica profesional, comprender la importancia de la generación de procesos de evaluación de tecnologías, de tipo interdisciplinario, así como el reconocimiento de la importancia de la participación social a nivel del diseño en los propios sistemas tecnológicos y su gestión; por ejemplo, el análisis de esta perspectiva de sistemas tecnológicos asociados al agua, la energía, la movilidad, etc. Puede ayudar a la orientación de su trayectoria tecnológica a fin de que sea más democrática, incluyente, socialmente responsable y consciente de su impacto en el entorno.

## Conclusiones

Esta propuesta docente de educación de ingeniería y CTS convive armónicamente con actividades de enseñanza-aprendizaje de los contenidos conceptuales y diseño en contexto, así como el desarrollo de competencias que aportan a los estudiantes tanto en el ámbito universitario como en el profesional-laboral, de acuerdo con los objetivos ya planteados, es decir, una reflexión más profunda sobre los artefactos tecnológicos, sus consecuencias, historia, impacto, limitaciones y posibles funciones.

El hecho de que estos cursos perfeccionen las herramientas argumentativas y la capacidad analítica ligadas a una perspectiva más amplia para el diseño y la gestión de tecnología permite potenciar el conocimiento situado en la práctica de la ingeniería con una influencia social consciente. La conciencia sobre este aspecto contribuye a profundizar el análisis del quehacer tecnológico de una forma autónoma y democrática. De esta manera, se contribuye al desarrollo de las competencias necesarias para la toma de decisiones de diseño e implementación sociotécnica, el análisis de sus implicaciones e impacto en la sociedad y el papel de la ingeniería para construir el mundo.

Los estudios CTS en la formación de ingenieros en la Red de Ingeniería, Tecnología y Sociedad han creado enfoques flexibles y autónomos útiles para el aprendizaje de los estudiantes al visualizar diferentes puntos de vista de un problema tecnológico y formular reflexiones contextuales sobre la relación entre tecnología y sociedad. Serán necesarias nuevas sistematizaciones sobre esta experiencia desde la perspectiva del estudiante de posgrado en cuanto al aporte pedagógico, la visión de la tecnología, la base teórica de los cursos y el desarrollo de pensamiento crítico.

## Bibliografía

Akrich, M., Callon, M. y Latour, B. (2006). *Sociologie de la traduction: Textes fondateurs*. París: Presses des MINES.

Albornoz Barriga, M. B., Jiménez Becerra, J. A. y Rojas Alvarez, J. (2017). *Ingeniería, innovación y tecnología social*. Universidad Nacional de Colombia, FLACSO Ecuador.

Recuperado de: <https://www.uneditorial.com/ingenieria-44-innovacion-y-tecnologia-social-ingenieria-de-sistemas.html>.

ARGO (2003). La controversia de las antenas de telefonía móvil. Simulación educativa de un caso CTS sobre radiaciones y vida cotidiana. Organización de Estados Iberoamericanos para la Educación, la Ciencia y la Cultura (OEI).

Arribas Ramírez, R. y Fernández García, L. E. (2001). ¿Qué hacemos con la basura? La gestión de los residuos urbanos. Simulación educativa de un caso CTS sobre el medio ambiente. Organización de Estados Iberoamericanos para la Educación, la Ciencia y la Cultura (OEI).

Baillie, C. (2022). *Engineers within a Local and Global Society*. Springer International Publishing.

Bijker, W. E., Hughes, T. P. y Pinch, T. (2012). *The Social Construction of Technological Systems, anniversary edition: New Directions in the Sociology and History of Technology*. MIT Press.

Brown, J. K., Downey, G. L. y Diogo, M. P. (2009). The Normativities of Engineers: Engineering Education and History of Technology. *Technology and Culture*, 50(4), 737-752.

Camargo Uribe, J. A. y García Rozo, A. (2009). Pensamiento crítico y aprendizaje activo en ingeniería. *Revista Educación en Ingeniería*, 4(7), 98-106.

281

Claussen, S. A., Tsai, J. Y., Boll, A. M., Blacklock, J. y Johnson, K. (2019). Pain and Gain: Barriers and Opportunities for Integrating Sociotechnical Thinking into Diverse Engineering Courses. 2019 ASEE Annual Conference & Exposition. Recuperado de: <https://peer.asee.org/pain-and-gain-barriers-and-opportunities-for-integrating-sociotechnical-thinking-into-diverse-engineering-courses>.

Downey, G. L. (2008). The Engineering Cultures Syllabus as Formation Narrative: Critical Participation in Engineering Education through Problem Definition. *St. Thomas Law Journal*, 5(2), 101-113.

Fressoli, M., Garrido, S., Picabea, F., Lalouf, A. y Fenoglio, V. (2013). Cuando las transferencias tecnológicas fracasan. Aprendizajes y limitaciones en la construcción de Tecnologías para la Inclusión Social. *Universitas Humanística*, 76, 73-95.

García, A., Jiménez, J. y Pérez, C. (2006). El perfil del ingeniero electrónico: Competencias como una red de relaciones de actores oferta – demanda educativa. *Revista Educación en Ingeniería*, 1(2), 19-25.

Gutiérrez, Á., Lleras, E. y Díaz, J. (2021). Communities of learning as support for one knowledge and innovation management system: A case study. *Systems Research and Behavioral Science*, 38(4), 527-536. DOI: <https://doi.org/10.1002/sres.2720>.

Gutiérrez Pérez, Á. A., Molina-Soler, A., Lleras Manrique, E. y Gaitán-Albarracín, N. (2018). Memorias Primer Encuentro Colombiano de Ingeniería y Desarrollo Social: Ingeniería, tecnología y tejido social. Red Colombiana de Ingeniería y Desarrollo Social. Recuperado de: [https://www.researchgate.net/publication/329362000\\_Memorias\\_Primer\\_Coloquio\\_Latinoamericano\\_de\\_Ingenieria\\_para\\_el\\_Desarrollo\\_Social\\_Primer\\_Encuentro\\_Colombiano\\_de\\_Ingenieria\\_y\\_Desarrollo\\_Social\\_Ingenieria\\_Tecnologia\\_y\\_Tejido\\_Social/download](https://www.researchgate.net/publication/329362000_Memorias_Primer_Coloquio_Latinoamericano_de_Ingenieria_para_el_Desarrollo_Social_Primer_Encuentro_Colombiano_de_Ingenieria_y_Desarrollo_Social_Ingenieria_Tecnologia_y_Tejido_Social/download).

Hughes, T. P. (2005). *Technology as Systems, Controls, and Information. Human-Built World: How to Think about Technology and Culture* (77-110). University of Chicago Press.

Hynes, M. y Swenson, J. (2013). The Humanistic Side of Engineering: Considering Social Science and Humanities Dimensions of Engineering in Education and Research. *Journal of Pre-College Engineering Education Research*, 3(2), 31-42.

Jiménez Becerra, J. A. y Bustamante Salamanca, M. (2006). La controversia en la representación del uso de las NTIC en educación: El caso “Red-P” en Bogotá, Colombia. VI Jornadas Latinoamericanas de Estudios Sociales de la Ciencia y la Tecnología. Bogotá: ESOCITE.

Jiménez Becerra, J. A., Bustamante Salamanca, M. y Gutiérrez Pérez, A. A. (2020). Challenging Asymmetries of Power and Knowledge Through Learning Communities and Participatory Design in the Creation of Smart Grids in Wayúu Communities. En C. Martens, C. Venegas y E. S. Tapuy (Eds.), *Digital Activism, Community Media, and Sustainable Communication in Latin America* (287-310). Palgrave Macmillan. DOI: <https://doi.org/10.1007/978-3-030-45394-7>.

282

Jiménez Becerra, J. A., Guerrero Hernández, J. C. y García Roza, A. (2003). Tecnología y sociedad: El salón de clase como lugar de construcción de la sociedad. La dimensión social de las facultades de ingeniería. Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería (ACOFI).

Jiménez Becerra, J. A. y Rojas-Alvarez, J. (2015). La estrategia del texto argumentativo para una reflexión sobre las relaciones entre Tecnología y Sociedad. En E. Escallón Lagarcha y A. Forero Gómez (Eds.), *Aprender a escribir en la universidad* (27-34). Ediciones Uniandes.

Jiménez Becerra, J. A. y Rojas-Álvarez, J. (2016). Estrategias de aprendizaje virtual como apoyo al diseño de soluciones tecnológicas en contexto: El caso del curso Tecnología y Sociedad en la U. de los Andes (Colombia). En A. H. Galvis Panqueva, O. Mariño Drews y L. A. Osorio Gómez (Eds.), *Innovate 330: Investigando la innovación con TIC en Educación* (408-413). Universidad de los Andes. Recuperado de: [https://conectate.uniandes.edu.co/contenido/innova-te\\_330/doc/Innovate-330.pdf](https://conectate.uniandes.edu.co/contenido/innova-te_330/doc/Innovate-330.pdf).

Jiménez Becerra, J. A. y Rojas-Álvarez, J. (2016). Aportes a la educación en ingeniería desde una reflexión sobre la tecnología y su contexto: Experiencia del área Tecnología

y Sociedad en la U. de los Andes (Colombia). Anais dos Encontros Nacionais de Engenharia e Desenvolvimento Social, 13(1). Recuperado de: <https://anais.eneds.org.br/index.php/eneds/article/view/412>.

Jiménez Becerra, J. A. y Rojas-Alvarez, J. (2017). Contributions and reflections of the STS studies in the education of engineers in the Colombian case. 7th Research in Engineering Education Symposium, 1, 79-86. Recuperado de: <https://www.proceedings.com/36539.html>.

Jiménez Becerra, J. A., Rojas-Alvarez, J. y Bustamante Salamanca, M. (2022). Contextualization courses for engineering students based on sociotechnical thinking. HEAd'22 Proceedings, 505-512. Recuperado de: <https://doi.org/10.4995/head22.2022.14544>.

Leydens, J. A. y Lucena, J. C. (2017). Engineering Justice: Transforming Engineering Education and Practice. John Wiley & Sons.

Lleras, E. (2010). From educating to «pedagogizing». Polis (Santiago), 9(25), 235-242. DOI: <https://doi.org/10.4067/S0718-65682010000100013>.

Lleras Manrique, E., Jiménez Becerra, J. A., Bustamante Salamanca, M., Gutiérrez Pérez, Á. A. y Rojas-Álvarez, J. (2016). Vocaciones, política y aprendizaje: Desarrollo económico y tecnológico en el Tintal de Bogotá. Anais dos Encontros Nacionais de Engenharia e Desenvolvimento Social, 13(1). Recuperado de: <https://anais.eneds.org.br/index.php/eneds/article/view/397>.

283

López Cerezo, J. A. y Verdadero, C. (2003). Introduction: Science, technology and society studies - from the European and American north to the Latin American south. Technology in Society, 25(2), 153-170. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0160-791X\(03\)00027-7](https://doi.org/10.1016/S0160-791X(03)00027-7).

Martín Gordillo, M. (2017). El enfoque CTS en la enseñanza de la ciencia y la tecnología. Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT). Recuperado de: <http://formacionib.org/noticias/?El-enfoque-CTS-en-la-ensenanza-de-la-ciencia-y-la-tecnologia-Por-Mariano-Martin>.

Medina, M. (2001). Ciencia y tecnología como sistemas culturales. En J. A. López Cerezo y J. M. Sánchez Ron (Eds.), Ciencia, tecnología, sociedad y cultura en el cambio de siglo (69-87). Biblioteca Nueva.

Ministério da Educação (2009). Princípios Norteadores das Engenharias nos Institutos Federais. Ministério da Educação. Recuperado de: [http://portal.mec.gov.br/index.php?Itemid=&gid=504&option=com\\_docman&task=doc\\_download](http://portal.mec.gov.br/index.php?Itemid=&gid=504&option=com_docman&task=doc_download).

Organización de Estados Iberoamericanos (2001). Ciencia, Tecnología y Sociedad: Una aproximación conceptual. Organización de Estados Iberoamericanos. Recuperado de: <http://campus-oei.org/ctsi/ctsaprox.htm>.

Osorio Marulanda, C. A. (2008). La formación de ingenieros para la participación pública en Ciencia y Tecnología. *ALEXANDRIA Revista de Educação em Ciência e Tecnologia*, 1(1), 91-108.

Pacey, A. (2014). *Technology: Practice and Culture*. En R. L. Sandler (Ed.), *Ethics and Emerging Technologies* (27-36). Palgrave Macmillan. Recuperado de: [https://doi.org/10.1057/9781137349088\\_2](https://doi.org/10.1057/9781137349088_2).

Riley, D. M. (2008). *Engineering and Social Justice*. Morgan & Claypool Publishers.

Schlierf, K. (2010). La enseñanza Ciencia, Tecnología y Sociedad (CTS) en el entorno universitario politécnico. La metodología de la descripción de controversias en la Escuela de Minas de París. *Revista Iberoamericana de Ciencia, Tecnología y Sociedad — CTS*, 5(15), 73-93. Recuperado de: <http://www.revistacts.net/contenido/numero-15/la-ensenanza-ciencia-tecnologia-y-sociedad-cts-en-el-entorno-universitario-politecnico-la-metodologia-de-la-descripcion-de-controversias-en-la-escuela-de-minas-de-paris/>.

Thomas, H. y Santos, G. M. (2016). Introducción. Tecnologías para incluir: Marco analítico-conceptual. En H. Thomas y G. M. Santos (Eds.), *Tecnologías para incluir. Ocho análisis socio-técnicos orientados al diseño estratégico de artefactos y normativas* (13-48). Lenguaje Claro Editora.

Valderrama Pineda, A., Burbano Valdés, A. E., Escobar Gutiérrez, J. A. y García Roza, A. (2007). STS Problems in Colombia. *Memories of the Annual Meeting of the Society for the Social Studies of Science*.

Valderrama Pineda, A. y Jørgensen, U. (2018). The challenges of teaching sustainable system design. *DS 92: Proceedings of the DESIGN 2018 15th International Design Conference*, 2485-2494. DOI: <https://doi.org/10.21278/idc.2018.0528>.

Vinck, D. (2012). Pensar la técnica. *Universitas Philosophica*, 29(58), 17-37.

### **Cómo citar este artículo**

Jiménez Becerra, J. y Rojas-Álvarez, J. (2022). CTS en la educación en ingeniería: Aportes de la Red de Ingeniería, Tecnología y Sociedad. *Revista Iberoamericana de Ciencia, Tecnología y Sociedad —CTS*, 17(51), 265-284. Recuperado de: [inserte URL]

**Orientações ciência, tecnologia e sociedade (CTS)  
e pensamento crítico no ensino de ciências: compreensões tecidas  
a partir do mapeamento de pesquisas brasileiras**

**Orientaciones de ciencia, tecnología y sociedad (CTS)  
y pensamiento crítico en la enseñanza de ciencias: comprensiones  
tejidas a partir del mapeo de investigaciones brasileiras**

***Science, Technology and Society (STS) and Critical Thinking  
Orientations in Science Education: Comprehensions Based  
on the Mapping of Brazilian Studies***

**Rosilene dos Santos Oliveira, Bruna Marques Duarte,  
Neide Maria Michellan Kiouranis e Luciano Carvalhais Gomes \***

Este artigo descreve os resultados de uma pesquisa bibliográfica que teve como objetivo investigar os trabalhos de mestrado e doutorado que articulam a orientação ciência, tecnologia e sociedade (CTS) aos pressupostos do pensamento crítico (PC), no ensino de ciências, publicados em dois repositórios nacionais, a saber: Biblioteca Nacional de Teses e Dissertações (BDTD) e a base de dados da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), até junho de 2022. A busca foi orientada pelo questionamento: “Que características emergem das pesquisas nacionais que relacionam CTS/PC?”, e teve como resultado um total de cinco trabalhos, organizados em eixos a partir da análise reflexiva realizada. Desse processo, constatamos que a produção científica nessa articulação ainda se mostra incipiente, embora possa se verificar nos trabalhos identificados a utilização de diferentes instrumentos para constituição do material empírico, bem como aplicação envolvendo contextos distintos, como em turmas de ensino médio, curso técnico, formação inicial e continuada de professores. Além disso, evidenciamos pelo exposto nos trabalhos a necessidade da intencionalidade para o desenvolvimento do PC tanto na atuação pedagógica como na elaboração de materiais.

285

**Palavras-chave:** levantamento bibliográfico; ensino de ciências; ensino e aprendizagem

---

\* *Rosilene dos Santos Oliveira*: pós-graduanda do Programa de Educação para a Ciência e Matemática da Universidade Estadual de Maringá, Brasil. Correo electrónico: rosiscientist@gmail.com. *Bruna Marques Duarte*: pós-graduanda do Programa de Educação para a Ciência e Matemática da Universidade Estadual de Maringá, Brasil. Correo electrónico: brunamd88@gmail.com. *Neide Maria Michellan Kiouranis*: professora da pós-graduação do Programa de Educação para a Ciência e Matemática da Universidade Estadual de Maringá, Brasil. Correo electrónico: nmmkiouranis@gmail.com. *Luciano Carvalhais Gomes*: professor adjunto B do Departamento de Física e da pós-graduação do Programa de Educação para a Ciência e Matemática da Universidade Estadual de Maringá, Brasil. Correo electrónico: lcgomes2@uem.br.

Este artículo describe los resultados de una investigación bibliográfica que tuvo como objetivo indagar los trabajos de maestría y doctorado que articulan la orientación ciencia, tecnología y sociedad (CTS) con los supuestos del pensamiento crítico (PC) en la enseñanza de las ciencias, publicados en dos repositorios nacionales -la Biblioteca Nacional de Teses e Dissertações (BDTD) y la base de datos de la Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES)- hasta junio de 2022. La búsqueda fue orientada por la pregunta: “¿Qué características emergen de las investigaciones nacionales que relacionan CTS con PC?” y tuvo como resultado un total de cinco trabajos organizados en ejes a partir del análisis reflexivo realizado. De ese proceso, hemos constatado que la producción científica en esa articulación aún se muestra incipiente, aunque se verifica en los trabajos identificados la utilización de diferentes instrumentos para la constitución del material empírico, así como una aplicación que involucra contextos distintos: clases de enseñanza media, curso técnico, formación inicial y continua de profesores. Además, se evidencia, por lo expresado en los trabajos, la importancia de la intencionalidad para el desarrollo del PC tanto en la actuación pedagógica como en la elaboración de materiales.

**Palabras clave:** búsqueda bibliográfica; enseñanza de las ciencias; enseñanza y aprendizaje

*This paper describes the results of a bibliographic research that explores master's and doctoral studies that articulate STS orientation to the assumptions of critical thinking (CT) in science education, published in two Brazilian repositories: the National Library of Theses and Dissertations and the database of the Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), until June 2022. The search was guided by the question: "What characteristics arise from national research that relate STS to CT?", and resulted in a total of five papers organized into axes based on the reflective analysis carried out. We concluded that the scientific production in this articulation is still embryonic, although we also verified the use of different instruments for the constitution of empirical material, as well as applications involving different contexts: high school classes, technical courses, initial and continuing teacher training. Moreover, there was evidence in the works of the need for the development of CT both in the pedagogical performance and in the elaboration of materials.*

286

**Keywords:** bibliographic survey; science teaching; teaching and learning



## Introdução

As mudanças científicas e tecnológicas ocorrem de forma cada vez mais veloz, alterando a constituição do mundo físico, bem como as relações que se estabelecem na sociedade (Souza e Vieira, 2018), trazendo, assim, “diferentes e novas dinâmicas, problemas e desafios” (Vieira e Tenreiro-Vieira, 2021, p. 17). Dessa forma, a ciência e a tecnologia (C&T) possuem importância na compreensão do mundo que nos rodeia, no entanto, pouco a população conhece sobre os processos científicos e tecnológicos. A exemplo disso, no Brasil, uma pesquisa realizada pelo Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI) e o Centro de Gestão e Estudos Estratégicos (CGEE) sobre a percepção pública da C&T no país, divulgou que a visão dos brasileiros mantém-se otimista em relação à C&T, de maneira que 73% dos entrevistados consideraram que ambas trazem mais benefícios do que malefícios. Destarte, demonstram interesse ou muito interesse no assunto, porém, há de se destacar que o acesso à informação ainda é limitado de modo que as pessoas, apesar de cativadas pelo tema C&T, pouco sabem sobre ele (Brasil, 2019).

Nesse cenário, educar para a ciência torna-se de fundamental importância “na construção de conhecimentos científicos úteis como no desenvolvimento de competências transversais que possibilitem aos indivíduos responder, de modo crítico e informado” (Souza e Vieira, 2018), as questões cotidianas. Desse modo, é preciso assumir, como meta a ser alcançada, a formação de pensadores críticos, uma vez que “[...] perguntar e saber perguntar é indispensável na construção do conhecimento científico” (Martins, 2021, p. 10). No entanto, para tornar-se um pensador crítico é necessário desenvolver o pensamento crítico (PC) e isso implica seu ensino, ao que Vieira e Tenreiro-Vieira (2021, p. 11) mencionam ao defender que o espaço escolar deve “fomentar a cultura do pensamento crítico, por meio de estratégias e ferramentas adequadas que lhes proporcionem melhor discernimento para lidarem com conhecimentos científicos e tecnológicos”, isso tendo em vista a avalanche de informações com as quais inevitavelmente temos contato todos os dias. Diante dessa realidade, por exemplo, “as pessoas precisam de usar capacidades de pensamento crítico para estabelecerem fontes de informação credíveis e para usarem a informação pesquisada de maneiras relevantes e racionais” (Vieira, Tenreiro-Vieira e Martins, 2011, p. 13).

Considerando isso, ao analisarmos a Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional (LDBEN), em seu artigo 35, inciso três, podemos observar que ela exhibe como uma das finalidades do ensino médio: “o aprimoramento do educando como pessoa humana, incluindo a formação ética e o desenvolvimento da autonomia intelectual e do pensamento crítico” (Brasil, 1996). Percebe-se, assim, que a LDBEN reforça a necessidade de uma nova organização na educação básica em critério de urgência, diante das mudanças sociais e culturais do mundo globalizado (Bosko e Güllich, 2019).

No entanto, um ponto que consideramos relevante é que, apesar de o PC ser mencionado nas intenções de ensino de ciências nos documentos oficiais, as práticas desenvolvidas pouco intencionam as capacidades necessárias para seu ensino. Dessa forma, ele figura, nos currículos, como uma meta a se realizar, porém, as práticas de ensino, em geral, tendem a continuar a não contemplar as suas capacidades (Vieira e Tenreiro-Vieira, 2015).

Ante o exposto, consideramos que uma educação para a ciência focada intencionalmente para a promoção do PC estabelece pressupostos para se desenvolver capacidades compreensivas das relações CTS e vice-versa. Desse modo, práticas educativas ancoradas em seus pressupostos são essenciais, sendo assim, investigações que abordam esse aspecto também se estabelecem como cruciais. Diante disso, este trabalho propõe analisar pesquisas publicadas em dois repositórios nacionais importantes, a saber: a Biblioteca Digital Brasileira de Teses e Dissertações (BDTD) e a base de dados da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), que relacionam, de algum modo, PC e relações CTS, no ensino de ciências. O propósito é o de caracterizar as investigações traçadas até o momento, de forma a compreendermos aspectos que emanam desses trabalhos em relação à CTS e ao PC, evidentemente.

## 1. Referencial teórico

O movimento CTS, emerge em meados do século XX, em um cenário de reivindicações sociais e ambientais que questionavam os direcionamentos e as implicações decorrentes do desenvolvimento científico e tecnológico na sociedade (Acevedo-Díaz, Vázquez-Alonso e Manassero Mas, 2002; Auler, 2002; López-Cerezo, 2017; Von Linsingen, 2007). Dessa forma, esse movimento preconiza discussões e tece críticas ao modelo tradicional/linear de progresso, pelo qual se faz crer que o desenvolvimento científico e tecnológico encaminha, sempre de forma linear e automática, para o desenvolvimento econômico e social, isso sem considerar as implicações e interesses envolvidos neste processo (Auler, 2002; López-Cerezo, 2017).

Nesse sentido, cabe mencionar que debates alusivos ao movimento CTS, em seu contexto mais amplo, tiveram repercussões no campo educacional (Roso e Auler, 2016), cujas discussões se intensificam na década de 1980, apontando para “a falsidade de um pretensão caráter asséptico e puro do conhecimento científico-tecnológico, posto ao serviço das instâncias ditas neutras da sociedade” (Vieira, 2003, p. 8). Desse modo, reivindica-se a necessidade de repensar o currículo e a forma como a Ciência é ensinada (Acevedo-Díaz, Vázquez-Alonso e Manassero Mas, 2002; Aikenhead, 2009; Roso e Auler, 2016; Vieira, Tenreiro-Vieira e Martins, 2011), em direção a uma educação que “potencialize a formação de cidadãos informados, responsáveis e capazes de tomar decisões racionais e democráticas na sociedade civil” (Acevedo-Díaz, Vázquez-Alonso, e Manassero Mas, 2002, s/p).

Dessa maneira, a educação CTS tem como propósito propiciar o desenvolvimento de habilidades e competências que tornem as pessoas capazes de debater a respeito de questões científicas e tecnológicas concernentes à sociedade em que vivem (Pinheiro, Mattos e Bazzo, 2007). Além disso, busca despertar o interesse dos alunos em compreender as inter-relações CTS, bem como debater implicações sociais, políticas e éticas no que se refere à utilização da C&T (Auler, 2007a), de modo a acentuar “uma formação em Ciências de cariz mais cultural, humanista e cívico, marcada pela cidadania e responsabilidade social” (Vieira, Tenreiro-Vieira e Martins, 2011, p. 13). Assim, visa criar possibilidades para que o aluno se confronte com problemáticas atuais, considerando as dimensões social, política e ética por

meio “de uma perspectiva da Ciência e da Tecnologia, cria oportunidades para os alunos refletirem, formularem opiniões/juízos de valor, apresentarem soluções e tomarem decisões sobre acontecimentos e/ou problemas do mundo real” (Magalhães e Tenreiro-Vieira, 2006, p. 87).

Ao analisarmos os objetivos da educação CTS, verificamos que apesar de indiscutível o papel da C&T na conjuntura social de conhecimento, as decisões tomadas diante dos contextos de exploração de animais, desmatamento, desenvolvimento de armas, insegurança alimentar, da própria pandemia da COVID-19, entre outros, perpassam pela necessidade do desenvolvimento do PC em uma perspectiva de “formação globalizante e integral, o qual além dos conhecimentos científicos, também se releva a promoção das capacidades de pensamento crítico e de atitudes e valores” (Tenreiro-Vieira e Vieira, 2019, p. 37). Nesse sentido, na América do Norte e na Europa, têm se desenvolvido pesquisas no âmbito do PC, e parcerias entre professores brasileiros e determinadas instituições têm repercutido no aumento dessa abordagem no país, como evidencia Kiouranis *et al.* (2021, p. 11).

Consoante a isso, existem convergências entre CTS e PC como expõem Vieira e Tenreiro-Vieira (2016, s/p), das quais elencamos: a valorização de situações do contexto real, em vistas à contextualização da ciência e compreensão das inter-relações entre esta, a tecnologia e a sociedade, de modo a possibilitar a “mobilização de conhecimentos, atitudes e capacidades como as de PC ligadas à tomada de decisão e à resolução de situações-problema sociais com uma componente científico-tecnológica”; o despertar do interesse dos alunos pelas interações CTS e na realização do acompanhamento de processos direcionados à transformação social; a seleção de temas sócio-relevantes de modo a envolver “a Ciência e a Tecnologia e que fomentem o desenvolvimento cognitivo, incluindo o potencializar o uso eficaz de capacidades de PC”; o estímulo à participação ativa do aluno em tomadas de decisão; fomentar a abordagem de “problemas, situações ou questões que envolvem a Ciência e a Tecnologia num contexto interdisciplinar”; a ênfase em “uma tomada de consciência acerca do estatuto e dos propósitos de conhecimento científico e tecnológico, distinguindo por exemplo uma explicação científica de uma não científica”. Tais aproximações entre CTS e PC, têm permitido a articulação entre esses campos teóricos, uma vez que a orientação CTS com pressupostos no PC, reflete objetivos educacionais (Vieira e Tenreiro-Vieira, 2021).

Ante o exposto, é evidenciada a relevância de ações educativas que promovam tal articulação, de modo a ampliar possibilidades e apontar limitações e desafios enfrentados nas mais diversas realidades que se colocam. Assim, na seção seguinte, apresentamos o desenho metodológico de nosso estudo, que tem por objetivo justamente caracterizar as pesquisas brasileiras realizadas até o presente momento na interface CTS/PC no ensino de ciências.

## 2. Desenho metodológico da pesquisa

A presente pesquisa se caracteriza como de abordagem qualitativa, uma vez que busca compreender significados, preocupações e contextos que emergem de uma

determinada realidade social (Minayo, 2009). Nesse sentido, focamos especificamente no âmbito educacional em direção às atividades sociais de um determinado grupo, isto é, em investigações brasileiras sobre o ensino de ciências que articulam as orientações CTS e PC. Além disso, esta investigação deu-se com o desenvolvimento de um estudo bibliográfico, visto que “tem a finalidade de aprimoramento e atualização do conhecimento, através de uma investigação científica de obras já publicadas” (Sousa *et al.*, 2021, p. 65). Em relação à principal vantagem deste tipo de estudo, Gil (2008, p. 50) destaca o “fato de permitir ao investigador a cobertura de uma gama de fenômenos muito mais ampla do que aquela que poderia pesquisar diretamente”.

Assim, tendo como propósito o levantamento e a revisão de obras já publicadas, a pesquisa bibliográfica, segundo Gil (2008, pp. 72-77), segue as seguintes etapas: i) formulação/delimitação do problema a ser investigado, a qual requer a escolha de um tema a ser pesquisado e, a partir deste, a realização de uma revisão bibliográfica preliminar; ii) elaboração do plano de trabalho o qual, por sua vez, orientará os passos posteriores em vistas ao problema em questão; iii) identificação das fontes necessárias e adequadas à compreensão e resolução do problema; iv) localização das fontes e obtenção do material; v) leitura do material, que inicialmente ocorre de forma exploratória, direcionando-se, em um segundo momento, para uma leitura seletiva, e posteriormente para uma leitura analítica e interpretativa do material selecionado; vi) elaboração de fichamentos tendo em vista as informações que permitem identificar as obras e as compreensões que emergem das leituras realizadas do material; vii) construção lógica da pesquisa, na qual se realiza a organização das ideias e compreensões tecidas ao longo do processo analítico, considerando os objetivos delineados e o encaminhamento para a construção de um texto dotado de sentido; viii) redação do texto, no qual se expressam as compreensões construídas ao longo de todo o processo envolvido na pesquisa.

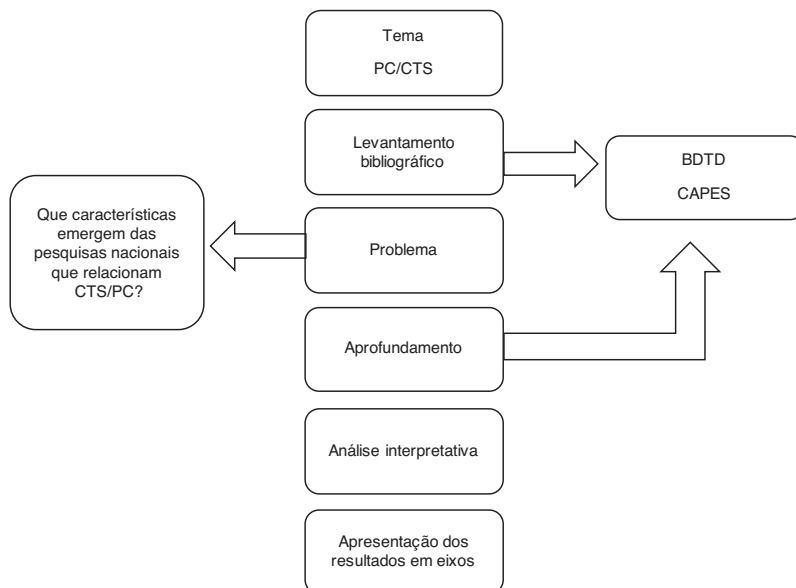
290

Diante dessas etapas, para a formulação/delimitação do problema a ser investigado, elencamos inicialmente um tema, o qual se constituiu como o ponto inicial da investigação sendo um assunto que necessita ser elucidado, investigado para ampliação de compreensões (Cervo, Bervian e Silva, 1992). Desse modo, neste trabalho, escolhemos como tema para o seu levantamento bibliográfico as pesquisas brasileiras que articulam CTS e PC. Da delimitação do assunto, partimos para o levantamento bibliográfico preliminar, em dois repositórios digitais nacionais importantes, quais sejam: a Biblioteca Digital Brasileira de Teses e Dissertações (BDTD) e o Catálogo de Teses e Dissertações da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES). Para esse levantamento, utilizamos os seguintes termos de busca: “CTS” e “Pensamento Crítico”, tendo como fundamento da pesquisa o seguinte problema: “Que características emergem das pesquisas nacionais que relacionam CTS/PC?”.

A partir da problemática, traçamos nosso plano de trabalho e estabelecemos os procedimentos posteriores a serem realizados. Desse modo, realizamos a identificação e localização das fontes, seguida da obtenção do material, que foi submetido à leitura exploratória e seletiva que se voltou à leitura do título, do resumo e das palavras-chaves dos trabalhos provenientes dessa busca inicial, recorrendo ao texto completo quando as informações expressas nesses itens se mostravam insuficientes. Já com as

pesquisas selecionadas, realizamos a leitura analítica e interpretativa das informações descritas no corpo do texto, descrevendo as considerações sobre os mesmos em um fichamento. Como critério de seleção dos trabalhos que compõem o escopo desta pesquisa, destacamos que estes necessariamente deveriam contemplar a articulação CTS/PC no ensino de ciências, definir PC e não serem de levantamento bibliográfico. Da análise crítica do material, surgiram eixos para a redação dos resultados. Assim, para uma melhor visualização e compreensão do processo descrito, indicamos as principais etapas envolvidas nesta pesquisa em um esquema (**Figura 1**).

**Figura 1. Principais etapas da pesquisa**



Fonte: adaptado de Sousa, Oliveira e Alves (2021)

Diante da execução das etapas, obtivemos a constituição do corpus empírico desta pesquisa, que ocorreu até o mês de junho de 2022, e resultou em um total de cinco pesquisas (quatro dissertações e uma tese), as quais apresentamos no **Quadro 1**.

**Quadro 1. Pesquisas brasileiras que contemplam a articulação CTS/PC no ensino de ciências**

<b>Dissertações</b>
Freire, Leila Inês Follmann. (2007). Pensamento Crítico, enfoque educacional CTS e o ensino de química. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Santa Catarina.
Santiago, Ortência da Paz. (2018). Perspectivas da abordagem ciência, tecnologia, sociedade e suas relações com as capacidades de pensamento crítico. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Sergipe.
Silva, Carolina Pontes (2018). Ensino de ecologia em uma perspectiva crítica: o desaparecimento de abelhas como estudo de caso socioambiental no Ensino Médio. Dissertação de Mestrado, Universidade de Brasília.
Santos, Thayná Souza dos (2020). O processo de reflexão orientada na formação continuada de professores e a promoção de práticas didático-pedagógicas com orientação CTS/PC. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Sergipe.
<b>Tese</b>
Silveira, Mônica (2019). Pensamento crítico de estudantes de um curso técnico sobre relações CTS no ensino de corrente alternada. Tese de Doutorado, Universidade Federal da Bahia/Universidade Estadual de Feira de Santana.

292

Fonte: autoria própria (2022)

Como já referido, os resultados pertinentes à busca e ao enquadramento das pesquisas serão apresentados após a análise interpretativa do material em eixos no tópico a seguir.

### 3. Resultados

Mediante o processo analítico dos referidos trabalhos, emergiram três eixos que se direcionam a aspectos teóricos, metodológicos e conceituais utilizados; à compreensão do papel do professor e do aluno nos processos de ensino e aprendizagem; e às estratégias didático-pedagógicas empregadas.

#### 3.1. Abordagem teórico-metodológico-conceitual

Neste eixo, apresentaremos os objetivos descritos, a abordagem epistemológica e metodológica das pesquisas, bem como a constituição e análise do material empírico, o contexto investigado e a temática abordada.

A pesquisa de dissertação de Freire (2007) apresentou como foco de investigação o trabalho em sala de aula com conteúdos de química num enfoque CTS, no propósito de desenvolver um PC em relação à C&T com alunos do ensino médio. Realizou-se, assim, uma pesquisa de cunho qualitativo, que teve como processo de constituição do material empírico a utilização de questionários, observações e análises de

materiais pautados em critérios previamente definidos (registros dos alunos, trabalhos, avaliações, textos, relatórios, entre outros) e observações da professora-pesquisadora, tendo como suporte teórico o PC e CTS, como afirma a pesquisadora: “A elaboração de todos os instrumentos está alicerçada nos aspectos teóricos [...] de pensamento e consciência críticos e concepção de CTS” (Freire, 2007, p. 64).

De acordo com a pesquisadora, os questionários foram aplicados aos alunos no início e no fim da pesquisa com o propósito de “captar seus entendimentos das relações CTS e explorar o nível do pensamento crítico em relação à Ciência e Tecnologia” (Freire, 2007, p. 64), e foram ponderados a partir de categorias criadas diante de seu referencial teórico. Para a análise do desenvolvimento de senso crítico dos alunos, sequências didáticas (SD) foram construídas com a utilização de materiais didáticos e não didáticos e, durante a sua aplicação, as observações foram sistematizadas de acordo com os critérios de PC pautados em referenciais do assunto utilizados na pesquisa.

Freire (2007) aplicou uma sequência didática piloto, na qual foram realizadas intervenções com conteúdos relacionados à radioatividade, utilizando a estratégia do júri simulado, que serviu como ajuste para uma segunda aplicação em outra turma. Essa primeira perspectiva possibilitou a criação de um instrumento avaliativo para analisar o desenvolvimento da sequência. Após os reajustes feitos, realizou-se a intervenção com a outra turma de segundo ano do ensino médio, o que permitiu aprimorar tanto os instrumentos de constituição do material empírico como as metodologias utilizadas, influenciando nos resultados obtidos na pesquisa mencionada.

Santiago (2018), em sua dissertação, investigou as capacidades de PC que poderiam ser mobilizadas em alunos de ensino médio mediante aplicação de situações didáticas (sequências de ensino-aprendizagem - SEA) com orientação CTS de autores do contexto brasileiro, dentre os quais mencionamos, a título de exemplo, Décio Auler, Eduardo Fleury Mortimer, Walter Antonio Bazzo e Wildson Luiz Pereira dos Santos. Esta investigação foi caracterizada como pesquisa descritiva-interpretativa de abordagem qualitativa e quantitativa, e para a constituição de seu material empírico, foram utilizados dois tipos de instrumentos, durante as aplicações das SEA, a saber: i) registros audiovisuais - possibilitando a observação tanto de mobilização de capacidades como de disposições, “visto que é na fala e nas atitudes dos discentes que se conseguem detectar as disposições” (Santiago, 2018, p. 38); e ii) registros escritos - referentes aos questionamentos e textos que compunham as SEA, se direcionando, em específico, às análises referentes às possíveis capacidades de PC mobilizadas.

Cabe mencionar que as SEA foram elaboradas por licenciandos em química no contexto do Programa Institucional de Bolsas de Iniciação à Docência (PIBID),<sup>1</sup> e estruturadas segundo os pressupostos dos três momentos pedagógicos de Delizoicov,

---

1. Criado em 2007, este constitui-se um programa institucional, coordenado pela CAPES, e “oferece bolsas de iniciação à docência aos alunos de cursos presenciais que se dediquem ao estágio nas escolas públicas e que, quando graduados, se comprometam com o exercício do magistério na rede pública. O objetivo é antecipar o vínculo entre os futuros mestres e as salas de aula da rede pública. Com essa iniciativa, o Pibid faz uma articulação entre a educação superior (por meio das licenciaturas), a escola e os sistemas estaduais e municipais” (Brasil, 2018a, s/p).



Angotti e Pernambuco (2011) e aplicadas em duas turmas de 2º e 3º anos do ensino médio. De acordo com a pesquisadora, depois de elaboradas, essas sequências passam por “um processo de validação para que sejam identificados os problemas e dificuldades, tendo como objetivo trazer melhorias para as atividades com vistas a promover maior eficácia na sua aplicação em sala de aula” (Santiago, 2018, p. 31). As SEA abarcaram conhecimentos químicos referentes à termoquímica e eletroquímica, com orientações CTS, entretanto, não foram elaboradas intencionalmente para a mobilização do PC.

Para a análise do material empírico, foi construído um instrumento de aproximação teórica de PC e CTS, cujo intuito foi “estabelecer uma coerência interna para as aproximações existentes entre o movimento CTS e a taxonomia do PC” (Santiago, 2018, p. 35), esta última elaborada por Ennis (1985). Esse instrumento foi utilizado para avaliar as possíveis capacidades do PC presentes nas SEA. Outra etapa de análise envolveu o acompanhamento / a observação direta dos pesquisadores na aplicação das SEA em sala de aula pelos licenciandos em química, participantes do PIBID. Como método de análise, a pesquisadora utilizou a análise de conteúdo de Bardin, e o *software* de análise Qualitative Data Analysis Software (WebQDA) no processo de categorização.

Silva (2018), nesse âmbito, realizou uma pesquisa de cunho qualitativo desenvolvida com alunos do 1º e 2º anos do ensino médio de uma instituição pública no Distrito Federal, tendo como objetivo investigar o potencial de um estudo de caso no ensino de ecologia para a mobilização do PC desses alunos a respeito de questões socioambientais. Para o desenvolvimento da pesquisa, em um primeiro momento, a pesquisadora realizou, com alunos do 2º ano do ensino médio, uma sondagem sobre os temas socioambientais e suas compreensões a respeito do uso de agrotóxicos no contexto brasileiro, por compreender que eles já teriam estudado conteúdos relacionados à ecologia no ano anterior. Essa sondagem orientou, em um segundo momento, a intervenção realizada com o 1º ano do ensino médio, durante as aulas de biologia, com o tema desaparecimento das abelhas. A escolha do tema foi guiada pelo fato de este constituir-se amplo, controverso, de relevância social e envolver uma implicação socioambiental decorrente da utilização dos agrotóxicos. Utilizando a análise de conteúdo, a pesquisadora verificou a produção textual dos alunos e os áudios das aulas sobre a temática dos agrotóxicos, com o objetivo de promoção de uma atividade contextualizada no ensino de ciências.

Santos, por sua vez, desenvolveu uma pesquisa de natureza qualitativa e interpretativa, do tipo estudo de caso descritivo-interpretativo, em que se “buscou fazer uma descrição detalhada do caso estudado, um curso de formação específico da universidade” (2020, p. 43), com o propósito de “Investigar se o Processo de Reflexão Orientada contribui ou não na promoção de práticas didático-pedagógicas com orientação CTS/PC” (2020, p. 48). Essa formação continuada envolveu “um grupo de professores participantes do PIBID [...] e da Residência Pedagógica” (p. 44), com

---

2. Instituído em 2018, este é um programa criado pela CAPES, com o objetivo de “fomentar projetos institucionais de residência pedagógica implementados por instituições de Ensino Superior, contribuindo para o aperfeiçoamento da formação inicial de professores da educação básica nos cursos de licenciatura” (Brasil, 2018b, s/p).



formação em uma das áreas de ciências da natureza, sendo seis em química e um em biologia. Para a constituição do material empírico, a pesquisadora optou pela observação não participante e entrevistas (estruturada e semi-estruturada). Outrora, para a análise do corpus empírico, recorreu à análise de conteúdo.

A respeito do processo de reflexão orientada (PRO), cabe mencionar que foi realizado com sete professores em oito encontros presenciais, em que foram discutidos “sobre o ensino de Ciências para a formação do cidadão democrático” (Santos, 2020, p. 36), abarcando quatro dimensões formativas. A primeira dimensão consistiu na reflexão a respeito da formação inicial e continuada de professores na perspectiva da literacia científica. Na segunda dimensão, foram analisadas as necessidades formativas fundamentando-se na perspectiva CTS/PC. A próxima dimensão abordada referiu-se à ação docente tendo como foco a sistematização de práticas didático-pedagógicas. A última dimensão baseou-se em ponderações concernentes às práticas didático-pedagógicas promotoras de literacia científica em vistas à autonomia docente.

O trabalho de tese de Silveira (2019) foi designado como uma pesquisa qualitativa empírica do tipo pesquisa-ação, uma vez que, de acordo com a pesquisadora, os resultados foram levantados diante da constituição do material empírico na sala de aula e teve como objetivo a análise de “indícios de modificação do nível de pensamento crítico de estudantes de um curso técnico”, na modalidade subsequente, utilizando o enfoque CTS, na abordagem de conteúdos sobre corrente alternada. Para isso, a pesquisadora elaborou uma sequência didática (SD), considerando-se o encadeamento de atividades em torno de uma situação-problema, aplicada por um período de dois semestres, se deu em duas turmas, sendo que, na primeira, constituiu-se um piloto para a identificação de aspectos que precisariam ser melhorados ou reformulados. Assim, a aplicação analisada na pesquisa refere-se à realizada na segunda turma, no segundo semestre letivo.

Para apreciar as percepções dos alunos a respeito das relações CTS, bem como do nível de PC destes, a pesquisadora utilizou dois questionários, os quais foram aplicados em dois momentos, isto é, antes e após a aplicação da SD. Para a elaboração dos questionários, foram utilizadas informações relacionadas a notícias disseminadas na internet, apresentando opções de escolha em relação às opiniões referentes às informações disponibilizadas, envolvendo concepções de CTS. As opiniões selecionadas, bem como as justificativas para a escolha realizada pelos alunos constituíram o material empírico para análise tanto das categorias CTS como das concernentes aos níveis de PC. As opções relacionadas à CTS basearam-se nos mitos elencados por Auler (2002), de modo que foram construídas as seguintes categorias: rejeição à neutralidade da ciência; superioridade do modelo de decisões tecnocráticas; perspectiva salvacionista de C&T; determinismo tecnológico. Quanto aos aspectos do PC, estes foram analisados de acordo com as categorias determinadas pela pesquisadora a partir de seus referenciais, quais sejam: ignorância intelectual, curiosidade intelectual, observação ingênua, observação plural, interpretação superficial, interpretação profunda (Silveira, 2019). Cabe mencionar que as categorias de CTS e PC utilizadas por Silveira (2019) são similares às utilizadas por Freire (2007).

Da breve descrição apresentada a respeito dos trabalhos que compõem o escopo desta pesquisa, verificamos, por unanimidade, que se caracterizam como de natureza qualitativa, de modo que um deles menciona adotar a abordagem qualitativo-quantitativa, na qual se utilizou um *software* para categorização das informações do material de análise. Em relação ao contexto e aos participantes investigados, evidenciamos que, das cinco pesquisas, duas se direcionaram exclusivamente ao ensino médio, uma envolveu tanto a formação inicial de professores quanto o ensino médio, outra ao curso técnico subsequente e uma à formação continuada de professores. Quanto à constituição do material empírico, foi possível constatar a utilização de registros escritos, questionários, bem como de áudio, gravações e entrevistas. Para a realização da análise do material, foi utilizada a análise de conteúdo.

Do exposto, podemos compreender que pesquisas brasileiras com foco na articulação CTS/PC ainda se encontram em seu estágio inicial de desenvolvimento, o que se confirma pelo número escasso de pesquisas identificadas neste estudo. Além disso, vários são os contextos a serem investigados, por exemplo, a educação infantil, os anos iniciais e finais do ensino fundamental, também o ensino médio, ensino superior e a formação continuada de professores.

### 3.2. Estratégias didático-pedagógicas

Neste eixo, abordaremos as questões referentes às estratégias didático-pedagógicas utilizadas nas pesquisas que tratam de intervenções didáticas em sala de aula. Cabe mencionar que por estratégias didático-pedagógicas compreendemos os “meios utilizados pelos docentes na articulação no processo de ensino, de acordo com cada atividade e os resultados esperados” (Chemin, Rosa e Rosa, 2019, p. 117). Assim, iniciamos pela investigação de Freire (2007), na qual foram aplicadas duas SD distintas, pensadas na perspectiva CTS, ou seja, em sua elaboração, estas “contemplaram conteúdos científicos, em interface com a Tecnologia e suas implicações sociais” (Freire, 2007, p. 128). Além disso, nesta pesquisa, foi utilizado, como estratégia, o caso simulado.

Em relação às estratégias e o desenvolvimento do PC, Freire (2007, p. 129) concebe que há “estratégias didático-metodológicas [que] são mais promissoras quando falamos em desenvolver o pensamento crítico, porém nenhuma deve ser descartada”. Desse modo, a pesquisadora afirma que utilizou, em seu trabalho, estratégias potencializadoras do PC aliadas às orientações CTS, considerando que obteve resultados melhores em atividades em que o contato com a temática foi maior, assim como quando a intencionalidade estava presente tanto no material quanto na condução didático-pedagógica em sala de aula.

No contexto da pesquisa de Santiago (2018), foram elaboradas, validadas e aplicadas duas SEA, ancoradas nas orientações CTS de teóricos brasileiros. De acordo com a pesquisadora (2018, p. 32), as SEA consistem em um conjunto de oito a dez aulas que contemplam “diversas atividades interdisciplinares, nas quais se desenvolvem algumas habilidades (sendo elas ligadas ao cognitivo do aluno) e competências dos alunos, podendo-se com isso traçar uma relação entre o mundo científico e o material” (p. 32). Entretanto, cabe ressaltar que as SEA em questão

não foram elaboradas intencionalmente para o PC, aspecto inclusive considerado pela pesquisadora ao reconhecer a necessidade da intencionalidade na elaboração desses materiais, sinalizando para um processo de reformulação.

Já na pesquisa de Silva (2018), diferente das duas pesquisas mencionadas anteriormente, utilizou-se como estratégia didático-pedagógica o estudo de caso, abordando como tema o desaparecimento das abelhas, de modo que as atividades desenvolvidas nas aulas contaram com o auxílio de vídeos, leituras de materiais e aula de campo. Sobre as estratégias, a pesquisadora considera que inicialmente por, se tratar de um caso fictício, surgiram alguns desafios quanto ao não envolvimento dos alunos, entretanto, como esse problema foi detectado ainda no decorrer da aplicação da pesquisa, ela buscou superá-lo, integrando ao caso materiais reais como textos de revista, vídeos de um youtuber, uma mídia próxima aos jovens e a realização de visita a uma propriedade rural.

Em relação às estratégias adotadas por Silveira (2019), a pesquisadora utilizou de uma SD, com aporte na aprendizagem baseada em problemas (ABP), na qual a maior parte das atividades baseavam-se em uma situação-problema (caso simulado). Sobre esse aspecto, a pesquisadora pondera que “a aplicação de sequências didáticas ao ensino de Ciências é um passo pertinente na evolução da forma de ensino que pode alavancar a aprendizagem, expandindo sua abrangência para aspectos atitudinais e procedimentais” (Silveira, 2019, p. 55). No que se refere à utilização de situações-problema, Silveira (2019) considera tratar-se de uma atividade típica do enfoque CTS e da educação para ampliação do PC.

297

Assim, a sequência desenvolvida abarcou discussões de trechos de vídeos, aula expositiva, discussão em grupo, pesquisa individual e debate. A respeito das atividades propostas, a pesquisadora explicita que foi percebida pouca influência destas na percepção dos alunos acerca das relações CTS, no entanto, evidenciou-se indícios de que o nível de PC dos mesmos foi modificado de maneira tímida.

Por fim, aludimos à pesquisa realizada por Santos (2020), a qual, embora não tenha se voltado especificamente a uma estratégia didático-metodológica, consideramos importante de ser mencionada, uma vez que foi a única dentre os trabalhos investigados que se direcionou à formação continuada de professores, de modo que a estratégia formativa adotada foi o PRO. Este, pelo que consta na referida pesquisa, possibilitou aos professores participantes refletirem a respeito de suas concepções epistemológicas e (re)formularem atividades didático-pedagógicas de maneira intencional com orientações CTS/PC.

Em síntese, da análise dos trabalhos depreendemos que determinadas estratégias são melhores promotoras do PC. A respeito disso, Tenreiro-Vieira e Vieira (2014) apresentam como recursos e estratégias promotoras do PC: a aprendizagem baseada em problemas, o trabalho de investigação e os projetos e o júri simulado envolvendo questões controversas. Tais atividades acentuam a possível proximidade CTS-PC. Ainda para os referidos autores, essas estratégias confrontam os alunos com questões reais, incentivam o trabalho cooperativo, e, em um prazo maior de tempo, possibilitam o desenvolvimento do PC.

Sobre a necessidade de intencionalidade apontada pelas pesquisas, na atualidade os pesquisadores na área do PC têm desenvolvido considerações em relação à articulação entre pensamento e criatividade, o pensamento crítico e criativo (PCC), julgando que as “capacidades, disposições, atitudes/valores, critérios/normas e conhecimentos” (Tenreiro-Vieira e Vieira, 2021, p. 72), para serem desenvolvidos, necessitam de atributos denominados por um acrônimo chamado PIGES, que significa:

“Principiar, o mais cedo possível e desde os primeiros anos; Intencionalmente, adotando para tal uma concetualização; Gradualmente e de acordo com o potencial e contextos dos aprendentes; Explicitamente identificando as dimensões a promover; e Sistemáticamente ao longo de toda a escolaridade e da vida” (Tenreiro-Vieira e Vieira, 2021, p. 72).

Desse modo, é importante termos em mente que o PC precisa ser ensinado, aspecto defendido também por esses autores. Para tanto, seu ensino precisa ser “consciente, explícito e sistemático [...] mediante a sua integração nas práticas docentes” (Tenreiro-Vieira e Vieira, 2000, p. 36). Assim, faz-se necessário pensar em ações concretas que possibilitem a promoção do PC dos alunos no contexto de sala de aula, e uma das possibilidades tecidas por Tenreiro-Vieira e Vieira (2000) é justamente em relação ao “fornecimento de metodologias que permitam ao professor construir atividades de aprendizagem e/ou materiais curriculares promotores do pensamento crítico” (p. 36). Dentre uma dessas possibilidades, os autores mencionam a utilização de taxonomias que podem auxiliar na operacionalização do PC, uma vez que proporcionam a elaboração de questões e atividades voltadas a tal intencionalidade. A exemplo, mencionamos a taxonomia elaborada por Ennis (1985), na qual as disposições e capacidades relacionadas ao PC são organizadas em cinco áreas principais: clarificação elementar; suporte básico; inferência; clarificação elaborada e estratégias táticas. Elas são agrupadas em diferentes categorias compostas por vários elementos inter-relacionados (Tenreiro-Vieira e Vieira, 2000), que podem auxiliar na operacionalização do PC.

298

No tocante à orientação CTS, cabe mencionar que, assim como no desenvolvimento do PC, deve-se seguir alguns elementos fundamentais para sua promoção. Tais aspectos são elencados por Vieira, Tenreiro-Vieira e Martins (2011), quais sejam: i) “selecionar temas de relevância social que envolvem a Ciência e a Tecnologia” (p. 16), os quais devem ser do interesse do aluno; ii) “identificar, explorar e resolver problemas, situações-problema ou questões, com interesse/impacto social, local e global, que suscitem a curiosidade e o interesse e a necessidade de (re)construir conhecimento, desenvolver capacidades e atitudes” (p. 16), assim como elucidem os processos que envolvem as inter-relações entre a ciência, a tecnologia e a sociedade; iii) compreender a C&T e seus processos de forma realista, contextualizada e como construções humanas, que emergem de um contexto social e que, por sua vez, o influencia e são por ele influenciadas; iv) “Envolver ativamente os alunos na procura de informação que pode ser usada na resolução do problema [...]” na busca de propiciar que eles avancem no sentido de tornarem-se “conscientes de suas responsabilidades

como cidadãos” (p. 17); v) “abordar problemas, situações ou questões num contexto interdisciplinar e no contexto de perspectivas pessoais e sociais [...]” (p. 17); vi) “Enfatizar uma tomada de consciência global, o que implica reconhecer que tudo está ligado” (p. 17).

Do exposto, constatamos que o ensino de ciências ancorado nas orientações CTS/PC requer a utilização de estratégias variadas, sendo imprescindível que estas sejam planejadas intencionalmente. Intencionalidade esta que deve também estar presente na condução didático-pedagógica do professor em sala de aula, o que implica abertura de espírito de sua parte e também o desafio de repensar sobre suas práticas e concepções epistemológicas.

### **3.3. Compreensão do papel do professor e do aluno nos processos de ensino e aprendizagem**

Neste eixo, abordaremos as percepções dos pesquisadores a respeito do papel de professores e alunos na construção de processos de ensino e aprendizagem críticos. Nessa perspectiva, para Freire (2007, pp. 66-67): “Ser crítico em relação à Ciência e à Tecnologia é questionar as visões de C&T estabelecidas atualmente e, portanto, construir uma mais congruente com a era tecnocientífica que vivemos”. Assim o envolvimento de todos na comunidade escolar tem importância no desenvolvimento do senso crítico do aluno, para que ele possa atuar como cidadão, ou até mesmo saber redigir uma redação de vestibular, ou participar de uma entrevista de emprego, ou seja, compreender e atuar no mundo que o rodeia.

299

Quanto ao papel do professor nos processos de ensino e aprendizagem, a pesquisadora considera que, como estamos inseridos em um novo contexto social em que a sociedade convive com os processos científicos e tecnológicos, os alunos estão imersos nas tecnologias, até mais que os docentes. Ante tal aspecto, para Freire (2007, p. 129), tratar com os alunos de assuntos referentes à Internet, à “utilização de tecnologias na medicina, sobre o consumo impensado que a mídia nos apresenta e sobre como todos nós nos posicionamos frente a isso é talvez muito mais importante do que saber qual o log de x elevado a y”. Tece-se, assim, uma crítica ao ensino conteudista e descontextualizado que desconsidera aspectos da realidade e relevância social.

Diante de tal panorama, a pesquisadora enfatiza que é crucial “Educar para a cidadania, para a vivência em sociedade” (Freire, 2007, p. 129). Isso, porém, requer o desenvolvimento de conhecimentos teóricos, científicos, tecnológicos, e referentes ainda à sua utilização. Quanto a isso, o papel do professor é articular tais conhecimentos na sala de aula por meio de estratégias diversificadas, que visem não apenas apresentar tudo que os alunos já conhecem, mas instigá-los a pensar sobre suas verdades.

Santiago (2018), nos resultados de sua pesquisa, ressalta a necessidade de os licenciandos, que foram os aplicadores do material elaborado, instigar os alunos a participarem das discussões propostas, pois “não trouxeram debates necessários para alcançar algumas capacidades, por isso, destaca-se que esses foram alguns

empecilhos observados” (pp. 58-59). Para além da condução, a pesquisadora alerta que o tipo de questão também influencia na participação, haja vista que as questões utilizadas “eram fechadas, limitando os alunos a trazerem mais informações adicionais” (Santiago, 2018, p. 56). A esse respeito, ela considera que “os questionamentos por si sós não promovem capacidades do PC” (Santiago, 2018, p. 58-59).

Outro aspecto mencionado pela referida pesquisadora é quanto ao fato de uma das SEA estarem ainda centradas no conteúdo de ciências, o que fez com que os alunos, por vezes, prendessem-se a conceitos científicos, e comportassem-se, em alguns momentos, como “meros receptores, e os pibidianos resolveram não lidar com a situação” (Santiago, 2018, p. 58). Diante das possibilidades e limitações verificadas no material aplicado, Santiago (2018) enfatiza para a importância de se promover um ensino de ciências ancorado nos pressupostos CTS e PC, de modo “que possa, com isso, tornar não só os alunos, mas também os professores, indivíduos capazes de discutir problemas, hábil e racionalmente, sem aceitar as considerações de modo automático, sejam suas opiniões ou as dos outros” (Santiago, 2018, p. 67).

No caso da pesquisa de Silva (2018), a pesquisadora aponta a evidência da necessidade de proximidade entre o professor e o aluno, em uma ação didática que permita associar os conhecimentos científicos com os problemas ambientais. Nesse aspecto, assim como nas pesquisas anteriores, evidencia-se a atuação didática como reveladora de temas necessários de discussão, que possibilitem práticas sociais transformadoras.

300

Santos (2020), ao abordar a questão docente, enfatiza a importância da formação continuada sob uma perspectiva CTS, e do que a formação pode significar em termos de promoção de capacidades nos alunos, visando a literacia científica, uma vez que a mudança epistemológica docente por meio de uma formação continuada pode contribuir para o ato reflexivo deste e, assim, resultar em modificações em sua prática.

Apartir dessa visão, como defende Santos (2020), para se exigir uma postura autêntica e reflexiva dos alunos, é preciso que o docente seja formado nessa perspectiva, ou seja, formar-se de maneira autônoma para, assim, conseguir disseminar a autonomia. Dessa maneira, a intencionalidade do PC deve ser explícita na formação para que ocorra da mesma maneira na prática docente, visto que “insistir em ações com foco na formação do professor reflexivo incide na construção de estratégias educativas que busquem o equilíbrio entre o novo e o que já se sabe, pois, essa procura tende a resultar num contínuo processo de conhecimento” (Santos, 2020, p. 77). Assim, a pesquisadora enfatiza a necessidade de se investir na formação continuada docente contínua sobre o PC, uma vez que formações pontuais não sanam as lacunas formativas docentes.

Em suma os trabalhos indicaram que o professor frente às demandas C&T, deve orientar aos alunos para que as informações que os bombardeiam diariamente sejam analisadas com olhares críticos, uma vez que, apesar de ter interesse e contato com as questões tecnológicas e científicas, não as compreendem, assim como a maioria da população (Brasil, 2019). Em relação a esse aspecto, o ensino propedêutico, uma das principais marcas educacionais no país, e que, no caso do ensino de ciências,

tem o propósito de formar novos cientistas, resulta em um currículo conteudista (Auler, 2007b), na qual a ação didática idealiza o autoritarismo, a coação e a não criticidade (Duarte *et al.*, 2021), sendo uma perspectiva que se deve combater.

Nesse sentido, enfatizamos que tal modelo de ensino, no qual o docente é o transmissor e o aluno um mero espectador, resulta numa visão de conhecimento imutável e inquestionável, que incide em processos educativos que em nada desenvolvem a autonomia e a criticidade (Mattos *et al.*, 2018). Dessa maneira, verifica-se, nas pesquisas, que as ações didáticas promotoras de um PC voltado às questões que envolvem C&T, aproximam-se da perspectiva não empírica/conteudista de ensino e aprendizagem. Assim, espera-se, por parte do professor, a utilização de estratégias explícitas para o PC, que levem o aluno ao questionamento, desafiem-no e engajem-no em um pensamento colaborativo, entre outros (Swartz e McGuinness, 2014). Neste caso, a formação do professor é fundamental, uma vez que este “[...] é a principal via de acesso das relações CTS na escola, porém, para que se efetive esse papel na sua atuação profissional, ele precisa ser formado para tal, para que estes elementos estejam presentes em sua prática pedagógica” (Tolentino, 2017, p. 85). Assim, para que o professor promova o PC dos seus alunos, precisa, antes, ter desenvolvido o seu PC (Vieira e Tenreiro-Vieira, 2005), de modo que seja incorporado em suas aulas e reflita no seu agir e pensar a educação e a sociedade.

### Considerações finais

O presente estudo teve por objetivo investigar pesquisas brasileiras (teses e dissertações) que articulam a orientação CTS aos pressupostos do PC no ensino de ciências. Por meio do levantamento realizado, verificamos um número reduzido de pesquisas que contemplam essa articulação, o que nos possibilita caracterizá-la como um campo promissor e necessário de ser investigado no contexto brasileiro. Além disso, do processo analítico emergiram três eixos, a saber:

- i) *Abordagem teórico-metodológico-conceitual*, em que evidenciamos a realização de intervenções em diferentes contextos, como: em turmas de ensino médio, curso técnico, formação inicial e continuada de professores. Quanto aos instrumentos utilizados para a constituição do material empírico, destacam-se as produções escritas e as audiografações. Em relação à metodologia de pesquisa, todos os trabalhos configuraram-se como de natureza qualitativa, de modo que apenas um caracteriza-se como qualitativo-quantitativo, tendo utilizado ainda um *software* no processo de categorização.
- ii) *Estratégias didático-pedagógicas empregadas*, em que se evidencia, nos trabalhos, o destaque para a necessidade de as atividades propostas serem elaboradas com intencionalidade para o desenvolvimento do PC, o que também deve constituir na conduta epistemológica do professor. Dentre as estratégias utilizadas, mencionamos: estudo de caso, sequências didáticas, júri simulado, PRO.
- iii) *Compreensão do papel do professor e do aluno nos processos de ensino e aprendizagem*, que, em suma, ao se pensar em um ensino com orientações



CTS/PC não se coaduna com práticas conteudistas, fragmentadas e descontextualizadas, requerendo, assim, que professor oportunize e crie espaços e situações que fomentem a mobilização do PC dos alunos para que se envolvam ativamente em todo o processo.

Diante disso, nossa pesquisa possibilita pensar em outros horizontes investigativos que, por meio da caracterização traçada se mostram como territórios a serem desbravados. A exemplo disso, mencionamos a necessidade do desenvolvimento de pesquisas com orientações CTS/PC, no Brasil, em todos os níveis da educação básica, desde os primeiros anos de escolaridade até o ensino superior. Além disso, faz-se necessária a ampliação da presente pesquisa para o levantamento e análise de artigos publicados em revistas, bem como em anais de eventos.

### Referências bibliográficas

Acevedo Díaz, J. A., Vázquez Alonso, A. e Manassero Mas, M. A. (2002). El movimiento Ciencia, tecnología y sociedad y la enseñanza de las ciencias. Organización de Estados Iberoamericanos.

302 Aikenhead, G. S. (2009). Educação científica para todos. Lisboa: Edições Pedagogo.

Auler, D. (2002). Interações entre Ciência-Tecnologia-Sociedade no Contexto da Formação de Professores de Ciências [Tese]. Florianópolis: CED/UFSC.

Auler, D. (2007a). Enfoque ciência-tecnologia-sociedade: pressupostos para o contexto Brasileiro. *Ciência & Ensino*, 1(número especial).

Auler, D. (2007b). Articulação entre os pressupostos do Educador Paulo Freire e do movimento CTS: Novos caminhos para a Educação em Ciências. *Contexto e Educação*, 22(77), 167-188.

Brasil (1996). Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional, LDB 9394/1996.

Brasil (2018a). Ministério da Educação. PIBID – Apresentação. Recuperado de: <http://portal.mec.gov.br/pibid>.

Brasil (2018b). Ministério da Educação. Programa de Residência Pedagógica. Brasília: Governo Federal. Recuperado de: <https://www.gov.br/capes/pt-br/acesso-a-informacao/acoes-e-programas/educacao-basica/programa-residencia-pedagogica>.

Brasil (2019). Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações (MCTI). Percepção pública da C & T no Brasil–2019– Resumo executivo. Brasília: Centro de Gestão e Estudos. Recuperado de: [https://www.cgее.org.br/documents/10195/734063/CGEE\\_resumoexecutivo\\_Percepcao\\_pub\\_CT.pdf](https://www.cgее.org.br/documents/10195/734063/CGEE_resumoexecutivo_Percepcao_pub_CT.pdf).



Boszko, C. e Güllich, R. I. C. (2019). Estratégias de ensino de ciências e a promoção do pensamento crítico em contexto brasileiro. *Revista Brasileira de Ensino de Ciências e Matemática*, 2(1), 53-71.

Cervo, A., Bervian, P. A. e Silva, R. da. (1996). *Metodologia Científica*. São Paulo: Pearson.

Chemin, D. C. L., Rosa, S. dos S. e Rosa, V. (2019). Pensamento crítico na educação: Quais estratégias didático-pedagógicas? Quais tecnologias digitais? *Revista Ensino & Pesquisa*, 17(1), 113-137.

Delizoicov, D., Angotti, J. A. P. e Pernambuco, M. M. C. A. (2011). *Ensino de Ciências: Fundamentos e Métodos*. São Paulo: Cortez.

Duarte, B. M., Oliveira, C. O., Muati, J. C. e Gomes, L. C. (2021). Teorias epistemológicas e suas implicações pedagógicas para o Ensino de Ciências e Matemática. Em *Tornando-se formadores (as) de professores (as) de Ciências da Natureza (17-33)*. Maringá: Eduem.

Ennis, R. H. (1985). A logical basis for measuring critical thinking skills. *Educational Leadership*, 43(2), 44-48.

Freire, L. I. F. (2007). *Pensamento Crítico, enfoque educacional CTS e o ensino de química [Dissertação de mestrado]*. Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina.

303

Gil, A. C. (2008). *Métodos e técnicas de pesquisa social*. São Paulo: Editora Atlas SA.

Kiouranis, N. M. M., Vieira, R. M., Tenreiro-Vieira, C. e Calixto, V. dos S. (2021). *Pensamento Crítico na Educação em Ciências: Percursos, perspectivas e propostas de países Ibero-americanos*. São Paulo: Editora Livraria da Física.

Lopez-Cerezo, J. A. (2017). *Ciencia, tecnología y sociedad*. Asunción: Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología.

Magalhães, S. I. R. e Tenreiro-Vieira, C. (2006). Educação em ciência para uma articulação Ciência, Tecnologia, Sociedade e Pensamento crítico. Um programa de formação de professores. *Revista Portuguesa de Educação*, 19(2), 85-110.

Martins, I. P. (2021). Prólogo. En N. M. M. Kiouranis, R. M. Vieira, C. Tenreiro-Vieira e V. dos S. Calixto (Orgs.), *Pensamento Crítico na Educação em Ciências: Percursos, perspectivas e propostas de países Ibero-americanos (7-10)*. São Paulo: Editora Livraria da Física.

Mattos, K. R. C., Walczak, A. T. e Güllich, R. I. C. (2018). *Pensamento Crítico em Ciências: Estudo Comparativo Temporal dos Conceitos nas Produções*. *Revista Rede Amazônica de Educação em Ciências e Matemática*, 6, 273-290.

Minayo, M. C. de S. (2009). O desafio da pesquisa social. En M. C. de S. Minayo (Org.), S. F. Deslandes e R. Gomes (2021), Pesquisa Social. Teoria, método e criatividade (9-30). Petrópolis: Vozes.

Pinheiro, N. A. M., Matos, A. S. S. e Bazzo, W. A. (2007). Refletindo acerca da Ciência, Tecnologia e Sociedade: Enfocando o Ensino Médio. Revista Iberoamericana de Educacion, (44), 147-165.

Roso, C. C. e Auler, D. A. (2016). participação na construção do currículo: práticas educativas vinculadas ao movimento CTS. Ciência & Educação, 22(2),371-389.

Santiago, O. P. (2018). Perspectivas da abordagem ciência, tecnologia e sociedade e suas relações com as capacidades de pensamento crítico [Dissertação de mestrado]. São Cristóvão: Universidade Federal de Sergipe.

Santos, T. S. (2020). O processo de reflexão orientada na formação continuada de professores e a promoção de práticas didático-pedagógicas com orientação CTS/PC [Dissertação de mestrado]. São Cristóvão: Universidade Federal de Sergipe.

Silva, C. P. (2018). Ensino de ecologia em uma perspectiva crítica: o desaparecimento de abelhas como estudo de caso socioambiental no Ensino Médio [Dissertação de mestrado]. Brasília: Universidade de Brasília, Brasília.

304 Silveira, M. (2019). Pensamento Crítico de Estudantes de um Curso Técnico sobre as Relações CTS no Ensino de Corrente Alternada [Tese de doutorado]. Salvador: Universidade Federal da Bahia.

Sousa, A. S., Oliveira, G. S. e Alves, L. H. (2021). A pesquisa Bibliográfica: princípios e fundamentos. Cadernos da Fucamp, 20(43), 64-83.

Souza, A. S. e Vieira, R. M. (2018). O pensamento crítico na Educação em Ciências: Revisão de estudos no Ensino Básico em Portugal. Revista da Faculdade de Educação, 29(1), 15-33.

Swartz, R. e McGuinness, C. (2014). Desenvolvimento e avaliação do relatório final do projeto de habilidades de pensamento parte 1. International Baccalaureate Organization.

Vieira, R. M. (2003). Formação Continuada de Professores do 1º e 2º Ciclos do Ensino Básico Para uma Educação em Ciências com Orientação CTS/PC [Tese de doutorado]. Aveiro: Universidade de Aveiro.

Vieira, R. M. e Tenreiro-Vieira, C. (2005). Estratégias de ensino/aprendizagem: O questionamento promotor do pensamento crítico. Lisboa: Editorial do Instituto Piaget.

Vieira, R. M. e Tenreiro-Vieira, C. (2015). Práticas didático-pedagógicas de ciências: Estratégias de ensino/aprendizagem promotoras do pensamento crítico. Saber & educar, 20, 34-41.

Vieira, R. M. e Tenreiro-Vieira, C. (2016). Pensamento Crítico e CTS no Ensino das Ciências. AIA-CTS.

Vieira, R. M., Tenreiro-Vieira, C. e Martins, I. (2011). A educação em ciências com orientação CTS – Atividades para o ensino básico. Porto: Areal Editores.

Vieira, R. M. e Tenreiro-Vieira, C. (2021). Pensamento Crítico e Criativo na Educação em Ciências: Percursos de Investigação e Proposta de Referencial. En N. M. M., Kiouranis, R. M. Vieira, C. Tenreiro-Vieira e V. dos S. Calixto (Orgs.), Pensamento Crítico na Educação em Ciências: Percursos, perspectivas e propostas de países Ibero-americanos (17-41). São Paulo: Editora Livraria da Física.

Tenreiro-Vieira, C. e Vieira, R. M. (2000). Promover o pensamento crítico nos alunos: propostas concretas para sala de aula. Porto: Porto Editora.

Tenreiro-Vieira, C. e Vieira, R. M. (2014). Construindo práticas didático-pedagógicas promotoras da literacia científica e do pensamento crítico. Madrid: Iberciência.

Tenreiro-Vieira, C. e Vieira, R. M. (2019). Promover o pensamento crítico em ciências na escolaridade básica: Propostas e desafios. Revista Latinoamericana de Estudios Educativos, 15(1), 36-49.

Tenreiro-Vieira, C. e Vieira, R. M. (2021). Proposta de um referencial e atividades didáticas para promover o Pensamento Crítico e criativo na educação em Ciências. Investigações em Ensino de Ciências, 26(1), 70-84.

305

Tolentino, P. C. (2017). Os estudos Ciência, Tecnologia e Sociedade e a Prática como Componente Curricular: Tensões, desafios e possibilidades na formação de professores nas Ciências Biológicas [Tese de doutorado]. Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina.

Von Linsingen, I. (2007). Perspectiva educacional CTS: aspectos de um campo em consolidação na América Latina. Ciência & Ensino, 1(número especial), 1-19.

### **Como citar este artigo**

dos Santos Oliveira, R., Marques Duarte, B., Michellan Kiouranis, N. M. e Carvalhais Gomes, L. (2022). Orientações ciência, tecnologia e sociedade (CTS) e pensamento crítico no ensino de ciências: compreensões tecidas a partir do mapeamento de pesquisas brasileiras. Revista Iberoamericana de Ciencia, Tecnología y Sociedad — CTS, 17(51), 285-305. Disponível em: [inserte URL]



**Ilusión algorítmica y culturas examinadoras.  
Dos casos paradigmáticos: la EBAU y el examen MIR**

**Ilusão algorítmica e culturas examinadoras.  
Dois casos paradigmáticos: a EBAU e o exame MIR**

***Algorithmic illusion and examining cultures.  
Two paradigmatic cases: the EBAU and the MIR exam***

**Mariano Martín Gordillo y Ángela Martín Carranza \***

Desde un enfoque de ciencia-tecnología-sociedad (CTS) se analiza el papel de los algoritmos matemáticos en dos pruebas que reciben gran atención mediática en España: la Evaluación de Bachillerato para el Acceso a la Universidad (EBAU) y la prueba para el acceso a plazas de formación sanitaria especializada, más conocida como examen MIR. Ambas pruebas comparten el propósito de ordenar los resultados de los miles de aspirantes que participan en ellas. Sin embargo, en las dos se advierten errores e imprecisiones significativas que contrastan vivamente con la ilusión de precisión algorítmica que pretenden generar en el público. Finalmente, se apuntan algunas reflexiones críticas de carácter más general sobre los exámenes y su relación con la ilusión algorítmica.

307

**Palabras clave:** CTS; EBAU; examen MIR; ilusión algorítmica; meritocracia

---

\* *Mariano Martín Gordillo*: profesor de filosofía en enseñanza secundaria y profesor asociado del Departamento de Ciencias de la Educación de la Universidad de Oviedo, España. Correo electrónico: martinmariano@uniovi.es. *Ángela Martín Carranza*: graduada en matemáticas y en física por la Universidad de Oviedo, España. Correo electrónico: angelamartincarranza@gmail.com.

A partir de uma abordagem ciência-tecnologia-sociedade (STS), analisa-se o papel dos algoritmos matemáticos em dois testes que recebem grande atenção da mídia na Espanha: o Avaliação de bacharelado para acesso à universidade (EBAU) e o teste para acesso a cargos de formação especializada em saúde, mais conhecido como o exame MIR. Ambos os testes compartilham o propósito de ordenar os resultados dos milhares de candidatos que neles participam. No entanto, em ambos há erros e imprecisões significativos que contrastam fortemente com a ilusão de precisão algorítmica que pretendem gerar no público. Por fim, são apontadas algumas reflexões críticas mais gerais sobre os exames e sua relação com a ilusão algorítmica.

**Palavras-chave:** CTS; EBAU; exame MIR; ilusão algorítmica; meritocracia

*From a science-technology-society (STS) perspective, this paper analyzes the role of mathematical algorithms in two tests that receive great media attention in Spain: the Baccalaureate Assessment for University Access (EBAU, due to its initials in Spanish) and the test for access to specialized health training positions, better known as the MIR exam. Both tests share the purpose of ordering the results of the thousands of applicants who take part in them. However, there are significant errors and inaccuracies in both of them that contrast sharply with the illusion of algorithmic precision that they intend to give to the general public. Finally, some more general critical reflections on exams and their relationship with the algorithmic illusion are pointed out.*

**Keywords:** CTS; EBAU; MIR exam; algorithmic illusion; meritocracy

## Introducción

Los estudios de ciencia, tecnología y sociedad (CTS) tienen una larga relación de afinidad con la educación científica en Iberoamérica. Numerosas publicaciones académicas, diversos repertorios de materiales didácticos e innumerables actividades de formación docente en los distintos países de la región confirman la solidez de una amplia comunidad de investigadores y docentes comprometidos desde hace años con la educación CTS en el ámbito de la enseñanza de las ciencias.

Sin embargo, cuando se habla de las ciencias y de su enseñanza se produce una curiosa paradoja. Desde que Platón advirtiera de forma contundente que nadie debía entrar en la academia sin saber matemáticas, este ámbito del saber parece estar dentro y fuera de lo que, especialmente en los entornos educativos, se entiende por ciencias. Indudablemente, las matemáticas están dentro de ellas (solo hay que recordar el título de la obra seminal con la que Newton estableció el paradigma de la mecánica clásica). Pero, al menos en el ámbito educativo, las matemáticas parecen ser distintas a las demás ciencias. Su papel, en cierto modo propedéutico o instrumental, las ha convertido en una suerte de cancerbero escolar que frustra las vocaciones científicas de no pocos alumnos y hace que muchos ciudadanos perciban a la ciencia como algo relativamente hermético e inaccesible.

Ese relativo extrañamiento del campo matemático respecto de las demás ciencias también se advierte en sus didácticas específicas. Las comunidades académicas y docentes antes aludidas están formadas por profesionales que trabajan en el ámbito de las ciencias adjetivadas como naturales o experimentales (física, química, biología, geología, etc.) y no en el campo de las matemáticas. De hecho, la didáctica de las matemáticas está claramente separada y podría considerarse que casi está tan alejada de aquellas como la didáctica de las ciencias sociales. En este sentido, es muy necesario tender puentes entre las ciencias y las humanidades, pero también lo es estrechar las relaciones entre las matemáticas y las demás ciencias.

Por lo demás, el entreveramiento entre las cuestiones epistemológicas, las relacionadas con la organización de las especialidades universitarias, las asignaturas escolares y las especialidades docentes, ofrece un panorama que merecería más atención. Por ejemplo, sobre el lugar que ocupan las matemáticas y el resto de las ciencias en los currículos escolares. O también sobre fenómenos tan importantes como el de la exotitulación, presente en mayor medida entre el profesorado de matemáticas (Martín Gordillo, González Galbarte y Fernández García, 2018).

Sin duda, el enfoque CTS ayuda a poner en comunicación esos ámbitos de maneras más fructíferas y menos naíf que las de los vientos y vapores STEM (o STEAM) que tanto predicamento tienen últimamente a pesar de sus notorias debilidades (Acevedo Díaz, 2020; Perales Palacio y Aguilera, 2020; Bogdan Toma y García-Carmona, 2021; Martín Gordillo, 2019).

Una forma de poner en contacto los enfoques CTS y las matemáticas es utilizando las herramientas de estas. Y no solo para resolver problemas más o menos cuantificables en los que la incertidumbre desaparece o se controla, sino para poner en evidencia los

valores e intereses que, de forma implícita, están presentes en un ámbito tan importante de la enseñanza de las ciencias (y en general de la educación) como es la evaluación. Analizar matemáticamente los usos y abusos de la evaluación es particularmente útil para mostrar ciertos efectos y defectos de las culturas examinadoras habituales. Ello permitirá desvelar también que las propias matemáticas están siendo utilizadas de modo espurio y claramente incorrecto, generando cierto fetichismo hacia ellas que acaba convirtiendo sus resultados en verdades absolutas cuya construcción ni siquiera parece necesario conocer.

El enfoque CTS busca profundizar en la comprensión cabal de la naturaleza de las ciencias y las tecnologías desvelando la presencia en ellas de dimensiones sociales, valorativas y, por tanto, humanas. De modo que es un importante aliado de las matemáticas y su enseñanza, contribuyendo a superar esa percepción, un tanto mística, que hace parecer indiscutible y casi venerable cualquier procedimiento en cuyo desarrollo hayan estado presentes algoritmos matemáticos.

Se trata, por tanto, de propiciar una reflexión no solo sobre el lugar educativo de las matemáticas, sino, especialmente, sobre el uso de las matemáticas en procesos tan relevantes en el ámbito educativo como los referidos a la evaluación. Y de abrir líneas de trabajo para propiciar también esa saludable reflexividad tan importante en todas las disciplinas escolares (Martín Gordillo, 2003).

Centraremos la atención en el estudio de dos casos particularmente significativos y reveladores. Se trata de dos pruebas emblemáticas en España que se sitúan a la entrada y a la salida de la formación universitaria: la que da acceso a ella desde el bachillerato y la que, en el caso de la medicina, sirve para que los egresados de tales estudios puedan acceder a las distintas plazas y especialidades del sistema sanitario español.

Tras el análisis de estos dos casos se presentarán algunas reflexiones de carácter más general sobre la naturaleza del examen y sus culturas asociadas. Un dispositivo que, por lo demás, está presente no solo en esas pruebas de tan alto significado simbólico, sino en la cotidianidad del sistema educativo español desde la educación primaria hasta la universitaria.

Pero antes se comentará brevemente el sentido de dos conceptos que permiten entender el calado de esos dos casos concretos y la importancia de las reflexiones críticas sobre los exámenes que cerrarán este trabajo. Se trata de lo que llamaremos “ilusión algorítmica” y de un concepto que en los últimos años es motivo de atención en el ámbito de la filosofía moral y política: la meritocracia.

### **Ilusión algorítmica y meritocracia**

El diccionario de la Real Academia Española de la Lengua define algoritmo como “conjunto ordenado y finito de operaciones que permite hallar la solución de un problema”. Desde el punto de vista matemático seguramente no hay nada que reprochar a esta definición. Sin embargo, el campo semántico de los algoritmos se está asociando últimamente con la idea de que, además de solucionar problemas,



los algoritmos también pueden llegar a crearlos. Y de gran magnitud, por cierto. Su creciente presencia en la sociedad digital está generando actitudes de recelo hacia ellos. Actitudes que, por lo demás, parecen justificadas ante la amenaza de ciertos usos prácticamente totalitarios (MacGillis, 2022).

Pero, igual que sucede con las tecnologías, a las que los tecnófobos consideran prácticamente demoniacas y los tecnófilos casi las divinizan, los algoritmos no solo generan rechazo, sino también cierta veneración. Tal es el caso de las pruebas y los exámenes objetivos (o así considerados). En ellos la ilusión algorítmica provoca fascinación ante la exactitud de unos resultados que salen perfectamente computados y ordenados de esos artefactos digitales a los que hemos dado en llamar precisamente computadoras y ordenadores.

En el ámbito educativo la creciente ilusión algorítmica corre pareja a la intensa ilusión bilingüe de carácter anglófilo (Martín Gordillo, 2017) que se ha extendido en los últimos años en nuestros sistemas educativos. Las dos acaban divinizando las disciplinas que cotizan más alto en todas las reformas curriculares: el inglés y las matemáticas. Y como en todo espejismo, el alto grado de certeza percibida y la gran adhesión que suscita se corresponden con una escasa comprensión de la naturaleza del fenómeno. De ahí que sea tan oportuno hablar de ilusiones y hasta de ilusos.

Por su parte, la meritocracia no deja de ser también otra ilusión. La de primar a los mejores para el desempeño de las actividades en las que son más necesarios y honrar sus aportaciones asignándoles beneficios acordes con sus merecimientos. Sin embargo, diversos autores han cuestionado tanto la justificación del ideal meritocrático como los efectos que está teniendo en nuestras sociedades en las últimas décadas. Tal ideal habría devenido en una suerte de tiranía que acaba comprometiendo el bien común (Sandel, 2020) o en un mito que, tras la idea aparentemente benéfica de la igualdad de oportunidades, esconde formas de reproducción de la desigualdad en las que el artificio del mérito sirve para la legitimación de estructuras fuertemente jerárquicas y para la asunción generalizada de la esencial responsabilidad individual en cualquier éxito o fracaso (Rendueles, 2020). Los elementos principales de la agenda meritocrática, el cuestionamiento de su espurio ideal de justicia y la formulación de alternativas frente a tal ideología están siendo motivo de trabajos, ciertamente clarificadores, que quizá debieran ser más conocidos (Future Policy Lab, 2022).

Pero es en el sistema educativo y académico, y particularmente en la notoria presencia que en él tienen los exámenes, donde se sitúa uno de los escenarios principales para la representación y reproducción del ideal meritocrático, que tiene en la ilusión algorítmica uno de sus principales arietes de penetración entre las nuevas generaciones.

### **La ilusión algorítmica en el acceso a los estudios universitarios: el caso de la EBAU en España**

Desde los años 70, el acceso a la universidad española requiere haber aprobado las asignaturas del bachillerato y superar una prueba externa sobre su último curso. Inicialmente se llamó Selectividad y más tarde Prueba de Acceso a la Universidad

(PAU). Más que una prueba de selección, en los últimos tiempos se ha convertido en un dispositivo para establecer el orden de elección de los aspirantes para acceder a los estudios con límite de plazas. De ahí la relevancia que han adquirido expresiones como “nota de corte”, que alude a la puntuación más baja con la que se accede cada año al primer curso de los grados universitarios con límite de plazas.

En realidad, esta prueba (que desde 2017 se denomina, según territorios, Evaluación de Bachillerato para el acceso a la Universidad -EBAU- o Evaluación de Acceso a la Universidad -EVAU o EAU-) aporta el 40% de la calificación de acceso, correspondiendo a la media de las calificaciones del bachillerato el 60% restante. La prueba consta de dos fases: de acceso y de admisión. La de acceso incluye exámenes sobre cuatro de las asignaturas de 2º de bachillerato. En la fase de admisión cada aspirante puede examinarse de otras asignaturas con ponderación diferenciada según su afinidad relativa con los distintos grados. Las calificaciones ponderadas ( $\times 0,1$  o  $\times 0,2$ ) de hasta dos de ellas se añaden a la calificación de la fase de acceso de modo que la nota posible de admisión puede alcanzar 14 puntos.

La creciente sofisticación del sistema se advierte también en la precisión con que se pretende obtener la prelación entre los aspirantes haciendo altamente improbables los empates, al expresarse cada calificación con tres cifras decimales. La cercanía entre las formas de definición de las puntuaciones y las marcas deportivas acentúa cada año la tensión en el acceso a determinados grados universitarios. De hecho, en España está creciendo una suerte de campeonismo, con notable repercusión mediática, en esa ceremonia o rito de paso en que se está convirtiendo el tránsito entre el bachillerato y la universidad. Así lo evidencian, por ejemplo, informaciones como que la nota de corte (es decir, la calificación más baja con la que se accede a un grado universitario) más elevada en la Universidad Complutense de Madrid haya sido para el curso 2022/23 la del doble grado de matemáticas-física, al que se accederá con una calificación mínima de 13,825. O también el torrente de reacciones ante la noticia de que el campeón de la EVAU de Madrid en 2022 haya decidido estudiar el grado de filología clásica, cuya nota de corte es mucho más baja (Del Molino, 2022).

Sin embargo, la atención mediática que todo esto recibe y el presunto rigor algorítmico en que se apoya requieren análisis más matizados.

Como se ha dicho, la calificación de la fase de acceso, y también la de admisión, se expresan con tres cifras decimales. Otro tanto se hace con la media de las calificaciones en los exámenes de la propia prueba. Repárese en que la nota de acceso se obtiene, como se ha dicho, partiendo de la media del bachillerato (60%) y la media de los cuatro exámenes en la prueba (40%). Pero, aunque esta segunda media se expresa con tres cifras decimales (Boletín Oficial del Estado, 2022b), la media del bachillerato viene expresada con dos cifras decimales (Boletín Oficial del Estado, 2022a).<sup>1</sup>

---

1. En este aspecto, las nuevas regulaciones publicadas en 2022 mantienen esa diferencia, en el número de cifras decimales con que se expresan las medias del bachillerato y de la prueba, que ya aparecía en las regulaciones anteriores.

Ello comporta que pueden darse situaciones como la siguiente. Pensemos en un alumno cuya nota media de bachillerato fuera de 5,29 y su nota media en los cuatro exámenes de la fase de acceso de la EBAU de 4,563. La primera pondera un 60% y la segunda un 40% (se cumple el requisito de que la calificación media de los exámenes de la fase de acceso sea igual o superior a 4). Con un sencillo cálculo podremos comprobar que su calificación conjunta de la fase de acceso es de 4,999 y, por tanto, no la ha superado. La precisión algorítmica y el rigor tiene estas cosas: si finalmente hubiera obtenido un 5 su desempeño no sería mejor, pero habría entrado en la universidad. Ahora imaginemos que consultamos su expediente académico en bachillerato y vemos que su nota media, con tres cifras decimales, es 5,294. Volvemos a hacer el cálculo anterior y comprobamos que su calificación habría sido de 5,002. Es decir que, con mayor precisión algorítmica, nuestro alumno habría entrado en la universidad y con menor precisión algorítmica se ha quedado fuera. La razón es obvia: hacer el cálculo con menos cifras decimales en la media de bachillerato le ha perjudicado.

Lo sorprendente es que, con tanta sofisticación en el proceso de acceso a la universidad, no se hayan advertido estos efectos algorítmicos y se siga manteniendo la discrepancia en el número de cifras decimales con que se calculan las dos medias. Obsérvese que esta circunstancia no afecta solo a la frontera entre ser declarado apto o no para acceder a la universidad (y el caso descrito no es hipotético, sino que fue real), sino que revela la posibilidad de que algunas milésimas de la dichosa nota de corte puedan estar afectadas por ese indeseable efecto algorítmico que, en relación con el mérito, tiene tanta relevancia como el azar. Ese efecto algorítmico puede estar afectando a todos los grados universitarios españoles desde hace muchos años en los casos en los que estén muy próximas las calificaciones a la nota de corte. Algo más probable, por cierto, en los estudios más demandados y con nota de corte más alta (recordemos el 13,825 de la Universidad Complutense de Madrid).

313

La imprecisión algorítmica señalada tiene una causa precisa en la que no parece haber intención, pero que no ha sido advertida ni resuelta desde hace años. Algo que resulta curioso, tratándose de un problema matemático mucho más simple que los que los estudiantes españoles habrán tenido que entender y resolver en sus exámenes de matemáticas del bachillerato y la EBAU.

Sin embargo, con ser bastante grave, esa no es la única imprecisión algorítmica de la EBAU. Ni, quizá, la más relevante. Hay otras que pasan igualmente inadvertidas a pesar de que en España hay distrito único para el acceso a los estudios universitarios y las calificaciones obtenidas en las pruebas para el acceso y admisión de las universidades son las utilizadas para entrar a todas y cada una de ellas.

Este segundo caso es quizá más sutil y se refiere a la expresión de las calificaciones por parte de los correctores de los exámenes de cada una de las asignaturas. En la medida en que no tenemos constancia de cómo son las prácticas en todos y cada uno de los distritos universitarios españoles no identificaremos aquí a ninguno en concreto, pero es importante señalar que existen distritos universitarios en España en los que las calificaciones de los exámenes de cada materia se expresan en una escala del 0 al 10 con una cifra decimal del 0 al 9, mientras que en otros también se expresan

con la misma escala pero con una cifra decimal que solo puede ser el 0 o el 5. Esto no ocurre en las calificaciones medias (siempre con tres cifras decimales), pero sí en las calificaciones de los exámenes de cada alumno en las distintas materias. Sus efectos en el incremento de la imprecisión algorítmica son fáciles de calcular. Si solo se usan las cifras decimales 0 y 5 (y, por tanto, se redondea al número entero o al medio punto más próximo), suponiendo que las calificaciones se distribuyan uniformemente, la imprecisión media será de 0,125 puntos. Esto implicaría que el grado de imprecisión que podría estar afectando a las notas de corte no sería solo de unas pocas milésimas, debido a las formas de cálculo en las medias del bachillerato y de la prueba, sino que podría llegar a ser de más de una décima por la diferencia de hasta casi medio punto en las calificaciones de los exámenes en los distintos distritos.

Pero, además de un nivel de incertidumbre ciertamente notable, podría haber también un sesgo muy significativo que queda oculto tras esa apariencia de rigor y precisión que dan las medias con tres cifras decimales. Y es la posibilidad de que los evaluadores no redondeen sus calificaciones al medio punto más próximo, sino al medio punto superior. En este caso, la incertidumbre sobre la imprecisión media, con una distribución uniforme de las calificaciones, alcanza los 0,25 puntos. Y, aún más grave, generando una inflación en las calificaciones de determinados distritos que puede alcanzar esa misma magnitud. Ante algo así, parece obvio que convendría abrir la caja negra de los procedimientos con que se están calificando los exámenes y con que se calculan cada año las medias de la EBAU.

314

La atención mediática a estas pruebas en España y ciertos intereses políticos recentralizadores han hecho que, en la definición de las nuevas formas de acceso tras la LOMLOE (2021), tenga notable presencia la discusión sobre los contenidos que deben tener las pruebas. También se vienen dando controversias en torno a su grado de dificultad en los distintos distritos y los errores que cada año se advierten en algunas de las preguntas de los exámenes. Para corregir todo eso algunas voces reclaman la conveniencia de implantar una gran prueba nacional que, sin duda, tendría el aliciente de acrecentar aún más la atención mediática al modo de los espectáculos deportivos.

Sin embargo, no parece estar en la agenda algo bastante más básico y fácil de entender y de solucionar como son los aspectos matemáticos relacionados con la expresión y el cálculo de las calificaciones de las pruebas. Parece claro que, al menos los dos señalados (el número de cifras decimales que deben tener las medias del bachillerato y de las pruebas, así como los intervalos de calificación en las puntuaciones de cada examen), se podrían y deberían mejorar fácilmente. Pero la fascinación que produce la ilusión algorítmica de las tres cifras decimales, con su notable pregnancia para reforzar el ideal meritocrático y su apariencia de radical objetividad, hace que no haya mucho interés por abrir su caja negra matemática y averiguar cómo funciona realmente la EBAU. Quizá porque ello desvelaría algunos de los artificios de los que está hecha esa tiranía del mérito (Sandel, 2020) que parece estar creciendo en nuestras sociedades.

No hay espacio aquí para abundar en otros aspectos relacionados con los exámenes de acceso a la universidad, pero quizá convenga suscitar alguna reflexión sobre

los efectos secundarios de la ilusión algorítmica y el reforzamiento del imaginario meritocrático.

La batalla por aproximarse al 14 para acceder a la universidad está condicionando las vidas de muchos jóvenes españoles entre los 16 y 18 años. Para muchos de ellos el bachillerato es solo una carrera de obstáculos, llena de exámenes, que deben terminar con la marca más alta. Tras ella hay que superar, a la mayor altura posible, ese salto con pértiga final en que se está convirtiendo para muchos la EBAU. Siguiendo con la metáfora, seguramente estaríamos de acuerdo en que las marcas deportivas, por muchas cifras decimales que tengan, no son muy relevantes como indicadores de la vocación, aptitudes y competencias de los futuros profesionales. Sin embargo, no parece haber muchas dudas sobre si los resultados de los exámenes de la EBAU son la mejor forma de valorarlas. Repárese en que la nota de corte del doble grado de matemáticas-física antes citada (tan próxima al 14) demuestra las altísimas competencias en las habilidades requeridas para superar los numerosos exámenes del bachillerato y la EBAU. Sin embargo, cabría preguntarse si con este sistema habrían accedido a tales estudios muchos de los grandes matemáticos y físicos que han protagonizado la historia de esas disciplinas y que, teniendo indudables dotes creativas, no se caracterizaron por esa alienante docilidad curricular necesaria para alcanzar la excelencia en la realización de exámenes.

Por otra parte, habría que reflexionar sobre la perversa relación entre el valor de uso y el valor de cambio de las calificaciones. Casos como el del alumno con mejores resultados en la EVAU de Madrid en 2022 que decidió estudiar el grado de filología clásica pudiendo optar por otros que requerían una calificación mucho más alta (Del Molino, 2022), quizá sean menos frecuentes que esas vocaciones espurias generadas por la confusión entre valor y precio que se deriva de haber alcanzado una calificación elevada y sentir la tentación de “invertirla” en los grados más “caros” (en otro tiempo odontología y fisioterapia, hoy medicina y algunos dobles grados, particularmente matemáticas-física). De modo que esa particular economía política de la EBAU genera una inflación en las calificaciones porque la limitación de la oferta incrementa la demanda y, por tanto, el precio de los estudios más demandados hace que crezca el precio por esas carreras y con él su precio académico en un círculo vicioso que provoca como resultado que cada año sea un poco más alienante cursar 2º de bachillerato (y más desenfundadas las celebraciones dionisiacas tras haberlo superado).

Por último, tampoco estaría mal reflexionar sobre si es razonable que la educación y la formación general de muchos de nuestros adolescentes esté tan radicalmente condicionada por esa prueba final que los convierte en verdaderos “animales de examen” (bien lejos de la bella complejidad que caracteriza al *homo sapiens*, al *zoon politikón* o al *homo ludens*). Paralelamente, las prácticas de enseñanza en el bachillerato van deviniendo en una suerte de academias de preparación acelerada de la EBAU. Y todo ello intensificando hasta lo insoportable el desarrollo del último curso del bachillerato con la anómala circunstancia, casi inadvertida, de que esa prueba se celebra varias semanas antes de que termine el curso según el calendario escolar. Aunque no se suela reparar en ello, conviene recordar que 2º de bachillerato (el único curso con evaluación externa) tiene entre cuatro y seis semanas menos de duración que los demás niveles del sistema escolar español.

Todo esto quizá se explica porque la ilusión algorítmica es un componente básico para provocar esa fascinación por la ceremonia examinadora, tan importante para la generación y consolidación del ideal meritocrático.

### **La ilusión algorítmica en el acceso a algunas profesiones: el caso del examen MIR**

Los efectos de la ilusión algorítmica no se dan solo en el acceso a la universidad. También están presentes en el acceso a algunas profesiones. Por ejemplo, varias relacionadas con la administración del Estado o la judicatura en las que el viejo dispositivo denominado oposiciones se sigue perpetuando. A pesar de que sus defectos son evidentes, en España se demoran unas reformas que ya se han iniciado en otros países que en su momento habían sacralizado la cultura meritocrática de las oposiciones (Crespo González, 2021).

Pero, sin duda, la ceremonia en la que la ilusión algorítmica es más intensa, y también más mediática, es la del acceso a la formación en las distintas especialidades y centros de trabajo de la profesión médica. A tal fin, la administración española organiza una prueba anual con pretensión de objetividad perfecta. Es el llamado examen MIR (Médico Interno Residente), que en realidad ni se llama de ese modo ni es la forma de entrar en la profesión médica. Se trata de una prueba selectiva (más bien, electiva, ya que sirve para establecer el orden de elección por parte los aspirantes) que da acceso a las plazas de formación sanitaria especializada en la red de hospitales y centros de salud españoles.

316

De hecho, tal sistema de reclutamiento para la formación profesional inicial en el ámbito de la salud no es privativo de la profesión médica, sino que dichas pruebas están reguladas por el mismo procedimiento para las titulaciones de farmacia, enfermería, psicología, química, biología y física (Boletín Oficial del Estado, 2021).

Convendrá comentar más adelante el particular caso de enfermería que queda invisibilizado al tomarse la parte por el todo, dando por hecho que estas pruebas son solo para los médicos. Por lo demás, tampoco deberá sorprender que se siga hablando de “médicos internos residentes” opacando el hecho de que, por ejemplo, en la convocatoria de 2021/22 dos tercios de esos nuevos médicos en realidad son médicas.

En todo caso, la medicina se ha convertido en una especialidad particularmente emblemática para el ideal meritocrático, ya que el acceso a tal grado universitario requiere altas calificaciones en el bachillerato y la EBAU y a los egresados les espera luego un nuevo rito de paso nacional con esa famosa prueba.

Teniendo en cuenta que el número de plazas que se han ofertado en la convocatoria 2021/22<sup>2</sup> es de 8.188 para las especialidades médicas, y que a ellas se presentaron

---

2. Todos los datos que se presentan corresponden siempre a esta última convocatoria en España y proceden de los informes publicados en la página web del Ministerio de Sanidad (2022). Están disponibles en la siguiente dirección: <https://www.dropbox.com/sh/pw4cq01nkfq1g9t/AACQEg6L942rsdZ2izG2z42Ea?dl=0>.

11.827 aspirantes y las superaron 9.932 (el 84%), parece que el aliciente mayor para prepararlas no es tanto lograr una plaza como conseguir el número de orden más alto para tener más grados de libertad en la elección del destino. Por lo demás, en dicha convocatoria solo fue eliminado un 7,3% de los aspirantes que se habían formado en universidades españolas y tan solo un 4,1% de los 6.164 que habían terminado sus estudios en 2021 y se presentaron a la prueba. Parece claro, por tanto, que cualquier otra prueba u oposición convocada por las administraciones españolas para acceder a otras profesiones de menor prestigio es bastante más selectiva que esta. Sin embargo, el llamado examen MIR está entre las pruebas más competitivas y a las que los aspirantes dedican más recursos (de tiempo y de dinero, para beneficio de las academias privadas de preparación). Por otra parte, es patente que, en el caso de la medicina, superarla no es lo más importante para muchos de ellos ya que, en esta última convocatoria, quedaron desiertas 93 plazas que fueron rechazadas por los 1.837 aspirantes que prefirieron quedarse sin empleo antes que acceder a alguna de ellas.

Aunque las 45 especialidades médicas a las que da acceso dicha prueba son muy diversas, el llamado examen MIR es único para todas ellas. Se trata de una prueba de conocimientos a la que los aspirantes dedican muchas horas de estudio (ya desde el último curso del grado en el que realizan el valiosísimo rotatorio de prácticas en los hospitales) en los vastísimos campos de la medicina sobre los que se pregunta. Y es una prueba en la que es crucial que haya un alto grado de dificultad para garantizar que sean pocos los que obtengan las puntuaciones más altas, evitándose así indeseados empates para la asignación de las plazas más demandadas.

317

La dificultad del diseño de la prueba no está solo en encontrar preguntas complicadas en esa carrera que, año tras año, libran, por un lado, los encargados de organizar las pruebas y, por otro, las muy rentables academias privadas en las que los aspirantes las preparan. La dificultad está también en conseguir un procedimiento para que una prueba que consta de un número amplio, pero limitado, de preguntas con respuesta múltiple minimice los empates entre los casi 12.000 aspirantes que deben ser ordenados recurriendo lo menos posible a ese demonio que, para el ideal meritocrático, parece ser siempre el azar.

¿Cómo se logra? ¿Cómo es posible colocar uno tras otro a tantos miles de aspirantes en un listado de puntuaciones a partir de los aciertos y los fallos en 200 preguntas con cuatro opciones de respuesta cada una? Aparentemente es un propósito de difícil cumplimiento, ya que, aunque la penalización de los fallos diversifica un poco las puntuaciones, no es fácil ordenar a casi 12.000 personas partiendo de su desempeño en 200 ítems. Así, el número de empates podría ser grande, ya que, tratándose de graduados en medicina, no serán muchos los aspirantes que solo consigan unas pocas decenas de aciertos. De hecho, la “nota de corte” (el número entero correspondiente al 35% de la media de las calificaciones de los diez aspirantes con mejores resultados) dejó por debajo solo a un 16% de aspirantes que fueron eliminados en la convocatoria 2021/22. Por otra parte, hay rangos de puntuación muy frecuentados por un gran número de aspirantes: más del 40% obtuvieron entre 300 y 400 puntos de los 600 posibles en el examen.



Sin embargo, en el examen MIR no hay empates (o son excepcionales). Los aspirantes son ordenados con puntuaciones que se aproximan (y hasta superan) los 100 puntos con cuatro cifras decimales. Ello permite tener más de un millón de puntuaciones posibles, lo que reduce notoriamente las probabilidades de empate y genera una ilusión de objetividad aún mayor que la de las marcas en una final de 100 metros en las carreras de atletismo. ¿Cómo es posible? ¿Cómo está diseñado el algoritmo que genera tal ilusión?

El procedimiento es bastante más sofisticado que el de la EBAU, aunque no tanto como para superar en dificultad a los problemas con los que tienen que vérselas cada año los estudiantes preuniversitarios en el examen de matemáticas.

Considerando lo previsto en la última convocatoria de 2021/22 para acceder a plazas de formación sanitaria especializada (Boletín Oficial del Estado, 2021), el requisito es tener la titulación universitaria correspondiente. Los méritos académicos acreditables son solo la media global del expediente académico y, en su caso, la calificación obtenida en la tesis doctoral. La primera supone entre cinco y diez puntos y la segunda entre 0,25 puntos y un punto según haya sido calificada con Apto, Notable, Sobresaliente o Cum Laude. Estos méritos académicos ponderan (aparentemente) un 10%, mientras que el valor del examen sería del 90%. En realidad, el valor diferencial de aquellos apenas alcanza el 5%, ya que el otro 5% es asignado por defecto a todos los aspirantes que, obviamente, tienen como mínimo un 5 en sus estudios universitarios. Es algo bastante anómalo que acaba convirtiendo en mérito lo que es un requisito para todos los aspirantes y tiene el efecto de alterar el peso relativo de los méritos de un modo parecido a lo que sucedería si la mitad de las preguntas del examen se entregaran respondidas y se computaran como aciertos para todos los aspirantes.

318

La valoración del examen, y el cálculo final de la puntuación con los méritos, es un poco más compleja. El examen consta de 200 preguntas que deberán ser respondidas durante las cuatro horas y media de las que disponen los aspirantes. En realidad, estos han de responder a 210 porque diez de ellas se incluyen a modo de reserva por si debieran sustituir a las que pudieran resultar eliminadas como consecuencia de que sean estimadas eventuales reclamaciones sobre su formulación. Cada una de las preguntas se ofrece con cuatro respuestas posibles de las que solo una es correcta. Cada respuesta correcta recibirá una valoración de tres puntos y se restará un punto por cada respuesta incorrecta, quedando sin valorar las preguntas no contestadas.

Evaluada todos los ejercicios, se halla la media aritmética de las diez máximas calificaciones obtenidas por los aspirantes y a esta media aritmética le corresponderán 90 puntos, el máximo en la ponderación prevista para el examen. Esa primera media aritmética, además de convertir en cierto modo en relativas (y en muy problemáticas, como luego se verá) las puntuaciones finales, seguramente pretende evitar efectos indeseables al tratarse de distribuciones no uniformes, pero sobre todo tiene la ventaja de propiciar la primera inflación de cifras decimales, algo importante para generar esa ilusión de objetividad que huye como de la peste de la posibilidad de empates. Una vez obtenida esa media a partir de los resultados de los diez mejores, la puntuación final de cada ejercicio se obtendrá multiplicando por 90 su valoración particular (el



número de aciertos multiplicado por tres menos el número de fallos) y dividiendo el producto por la media aritmética de las puntuaciones de esos diez campeones. Aquí ya es evidente que habrá una gran dispersión en ese rango no lejano al millón de puntajes posibles (90 puntos con cuatro cifras decimales) para ordenar a los casi 12.000 aspirantes. Pero, por si acaso, aún queda por incluir la parte correspondiente a los méritos, que aún hará más improbables los empates.

Para la valoración de los méritos académicos (recuérdese que su valor discriminatorio se reduce en la práctica en casi un 5%) se procede de modo análogo. A la media de los diez mejores expedientes académicos presentados le corresponden diez puntos y la puntuación final de los méritos de cada cual se obtendrá multiplicando por diez su expediente individual y dividiendo el producto por la media de esos diez mejores expedientes.

Sumando ambas puntuaciones se obtendrá la nota final de cada cual que, con sus cuatro decimales, permitirá ordenar a los casi 12.000 aspirantes en un listado aparentemente perfecto en el que quedarán evaluados con gran precisión y separados no solo por décimas y centésimas, sino también por milésimas y diezmilésimas. Más precisión que en las pruebas de atletismo.

Visto con cierto detalle, se puede apreciar el sentido de la ilusión algorítmica porque la forma de determinar la prelación es aparentemente muy precisa y, si se mira desde la escala de las diez milésimas, parece nítida la diferencia entre los distintos aspirantes.

319

Sin embargo, merece la pena detenerse en un efecto distorsionante muy significativo que se deriva del algoritmo utilizado para calcular la calificación final de cada aspirante. Y es el hecho de que, tanto en el examen como en los méritos, se tome como referencia la nota media de las diez mejores calificaciones y no las respectivas puntuaciones máximas posibles.

Pensemos en el caso de dos personas: A y B y veamos cuáles serían sus resultados sin considerar la media de los diez mejores resultados. A obtiene una calificación final de 84,73 (en el examen tuvo 504 puntos -176 aciertos y 24 fallos- y tenía 9,13 puntos por sus méritos), mientras que B obtiene 84,81 (en el examen tuvo 500 puntos -175 aciertos y 25 fallos- y tenía 9,81 puntos por sus méritos). Por tanto, B debería ir por delante de A. Su examen tenía una pregunta acertada menos, pero sus méritos compensan esa diferencia.

Ahora hagamos de nuevo los cálculos tomando como referencia la media de los 10 mejores resultados, tanto en el examen como en los méritos, tal como hace el sistema de cálculo utilizado. En este caso, A obtiene una calificación final de 98,7414 (en el examen 89,3793 y en los méritos 9,3621), mientras que B obtiene una calificación final de 98,7293 (en el examen 88,6699 y en los méritos 10,0594). Por lo tanto, con esta forma de cálculo, A supera a B porque el algoritmo utilizado incrementa la valoración de su examen respecto a la de sus méritos.

**Tabla 1. Comparación de algunos resultados en la última edición del examen MIR**

					Resultados sin considerar la media de los diez mejores	Resultados considerando la media de los diez mejores		
	Puntuación en el examen	Aciertos	Fallos	Puntuación en los méritos	Calificación final	Calificación del examen	Calificación de los méritos	Calificación final
Aspirante A	504	176	24	9,13	<b>84,73</b>	89,3793	9,3621	<b>98,7414</b>
Aspirante B	500	175	25	9,81	<b>84,81</b>	88,6699	10,0594	<b>98,7293</b>
Aspirante C	489	171	24	8,98	<b>82,33</b>	86,7192	9,2083	<b>95,9275</b>
Aspirante D	485	171	28	9,59	<b>82,34</b>	86,0098	9,8338	<b>95,8436</b>

Fuente: elaboración propia a partir de los datos de la web del Ministerio de Sanidad

En la **Tabla 1** se reflejan esos datos y también los de otros dos aspirantes: C y D. Repasándolos resulta evidente que el algoritmo tiene algunos efectos importantes. Uno de ellos es provocar una ilusión de precisión al generar cuatro decimales y no dos como sucede si se utiliza el modo de cálculo más objetivo y simple que es tomar como referencia los máximos posibles en el examen y en los méritos y no las medias de los diez mejores en cada caso. Otro efecto deformante es la posibilidad de que aparezcan puntuaciones por encima de los máximos (de 100 en el total, de 90 en el examen y de diez en los méritos -es el caso, por ejemplo, de la calificación de los méritos del aspirante B-), distorsionando así la ponderación establecida. Aunque, seguramente, el efecto más discutible es que tal decisión sobre la forma de cálculo produce alteraciones muy significativas en el orden final de los aspirantes. En los ejemplos presentados el algoritmo utilizado hace que A esté por encima de B y C por encima de D, cuando, si se toma como referencia la puntuación posible en el examen (una constante) y no la media de los 10 con mejores resultados (un número dependiente de factores circunstanciales), en ambos casos el orden debería ser el contrario.

Repárese en que ese cambio en el orden no depende solo del examen que todos los aspirantes han tenido a la vista, ni de los aciertos y fallos que ha tenido cada uno de ellos, ni de sus méritos individuales. Depende también, y de forma muy significativa, de las medias en resultados y en méritos de otras personas.

Para diseñar algo así, que afecta a las ponderaciones establecidas y reduce el ya escaso peso relativo de los méritos, habría que poder explicar por qué es preferible tomar como referencia la media de los 10 mejores resultados. ¿Y por qué no la de los cinco mejores? ¿Y por qué no la de los 50 mejores? Seguramente los aspirantes A, B, C y D (y los 11.823 restantes) tendrían mucho que decir sobre esa decisión. Los cuatro aquí recogidos no son casos supuestos sino personas reales que obtuvieron efectivamente los resultados que figuran en la **Tabla 1**. El aspirante A consiguió el 4º puesto en la última convocatoria, el B obtuvo el 5º, el C obtuvo el 18º y el D el 19º. La magnífica zona que ocupan los cuatro en los resultados del llamado examen MIR ha dependido solo de sus estupendos exámenes y méritos. Pero la manera en que han sido ordenados dentro de ella no ha dependido de lo que han hecho en el examen ni de sus méritos, sino de un algoritmo que altera irregularmente la ponderación prevista entre el examen y los méritos (siempre a favor del primero) y, por tanto, el orden en que finalmente han podido elegir sus plazas. De hecho, como se puede ver, comparando

las calificaciones finales, si no se hubiera utilizado ese algoritmo, B habría sido el 4º, A habría sido el 5º, D habría sido el 18º y C habría sido el 19º.

Y los anteriores casos no son excepcionales. Todo lo contrario. De los 11.827 aspirantes, 11.457 (el 96,87%) se han visto afectados por la alteración en los resultados que genera el sistema de cálculo utilizado, y consiguientemente el orden con que eligen su plaza. Se trata de un algoritmo extraño que, sin duda, resulta muy útil para generar ilusión de precisión. Pero también para ocultar cómo trastoca el orden de asignación de las plazas, llegando a variar en más de 100 puestos el orden final, y haciéndolo depender de los resultados obtenidos por otros.

Un caso muy revelador es lo que ha supuesto la reclamación de un aspirante que en el listado provisional tenía mal computados sus méritos. Al añadirse un punto a su expediente académico entró a formar parte de los 10 mejores, lo que supuso que cambiara la media de referencia y, consiguientemente, las puntuaciones finales de todos los aspirantes. De 11.827 personas.

Como se ha dicho, el orden que obtiene cada aspirante con el algoritmo utilizado depende de la dificultad del examen, la misma para todos, de los aciertos y fallos de cada uno y de sus méritos individuales. Pero no depende solo de eso como cabría esperar. También depende de los resultados y de los méritos de otras personas. De diez personas.

Que se trata más de una hipnótica ilusión algorítmica que de una ordenada prelación basada en la medición exacta de los merecimientos reales, debería ser evidente para cualquiera con una formación matemática no muy elevada. Pero, más allá del algoritmo, la obsesión por la ceremonia del examen es tal que, si se diera el improbable caso de un empate entre dos aspirantes, ni el expediente académico en los estudios universitarios ni el doctorado servirían para resolverlo, ya que lo previsto en la convocatoria (disp. 7ª de la Orden SND/948, Boletín Oficial del Estado, 2021) es que se tome en consideración el mayor número de preguntas acertadas, luego el menor número de preguntas falladas y finalmente un sorteo. Extraño culto a la meritocracia el de un sistema que genera tan notoria ilusión algorítmica para evitar empates, pero que, cuando se dan, desprecia por completo los méritos académicos de la formación universitaria, entre ellos el doctorado. Y precisamente en la única profesión en que se llama doctor a quien la ejerce. Parece claro que lo importante es rendir culto, de forma casi obsesiva, a la ceremonia del examen.

Pero no caigamos en la propia trampa de la ilusión algorítmica. El problema no es ordenar la lista con que ejercerán su derecho los pretendidos electores. El problema debería ser cómo valorar sus competencias para que sean destinados de la forma más idónea a los distintos destinos del sistema sanitario para ejercer un servicio público tan importante como el de la salud. Puede estar bien que una vez asignados los aspirantes a las especialidades o ámbitos para los que están más capacitados, luego ellos elijan plaza y destino según su preferencia. Por lo demás, esta es la forma en que se hace con todos los funcionarios públicos: primero son seleccionados según su mérito y capacidad para desempeños específicos y, posteriormente, pueden concursar a la plaza o el destino que prefieran.

Sin embargo, tratándose de una prueba única y general, basada exclusivamente en conocimientos memorizables y demostrables en pruebas para las que entrenan las academias, difícilmente podrá servir para distinguir las competencias y habilidades (hasta quirúrgicas y de motricidad fina) de los futuros cirujanos de aquellas otras (hasta emocionales y de compromiso comunitario) que también deberían tener quienes trabajen en lugares tan importantes como los centros de atención primaria.

De hecho, la minusvaloración y el desprecio de la medicina de familia y la atención primaria es uno de los efectos secundarios de un dispositivo obsesionado con la precisión algorítmica, pero que, por su naturaleza esencialmente competitiva y jerarquizadora, tiende a privilegiar la libérrima elección individual sobre cualquier otra consideración y acaba propiciando una perversa relación entre la oferta y la demanda que genera unas actitudes entre los futuros profesionales médicos que no parecen las más coherentes con las exigencias deontológicas que caracterizan a la profesión. Algo de ello puede advertirse si se observa que, en esta última convocatoria, las dos especialidades a las que se accedió con puntuaciones más altas fueron dermatología médico-quirúrgica y cirugía plástica estética y reparadora (con medianas de los números de orden de 317 y 347, respectivamente) y que la especialidad de medicina familiar y comunitaria fue una de las especialidades menos preferidas (con una mediana del número de orden de 7.351). Son datos que pueden ser relevantes para conocer los efectos del reforzamiento del modelo aspiracional en sociedades neoliberales cuando se prioriza la libertad de elección individual sobre las necesidades de los servicios públicos.

322

En todo caso, no cabe deducir de ello que las nuevas generaciones son las responsables del culto a este modelo de consecuencias tan cuestionables. Ellos no son quienes han diseñado el sistema. De hecho, cabe pensar que les provoca una ilusión de objetividad y una fascinación por el crédito disponible como resultado del orden obtenido en la prueba, que quizá no sean los médicos que más saben los que quieren enriquecerse en el futuro en el sector privado como cirujanos plásticos y que solo los que menos saben están dispuestos a ser médicos de familia. Quizá simplemente ocurra que, como una variante del efecto Mateo, lo que más demandan algunos acaba siendo lo más demandado por los que pueden elegir y lo que más desprecian los mismos es lo que acaba quedando para los que no pueden elegir tanto. De modo que se desprecia lo que no se demanda y se aprecia (y consiguientemente eleva su precio) lo que se demanda.

Otro efecto secundario de la ilusión algorítmica y el culto a la meritocracia que genera esta prueba tiene que ver con su notoria atención mediática. De hecho, minusvalora y posterga la relevancia de otras especialidades profesionales del sector sanitario a las que se accede con el mismo procedimiento y en la misma convocatoria pero que no parecen existir, seguramente por estar menos asociadas que la profesión médica con el imaginario meritocrático. Tal es el caso de la enfermería, especialidad para la que en la convocatoria de 2021/22 se ofertaron 1.822 plazas sin que su proceso selectivo haya recibido atención por parte de los medios. Ninguna de esas plazas quedó desierta, a diferencia de las 93 plazas que fueron rechazadas por los 1.837 titulados en medicina que, habiendo superado la prueba y pudiendo acceder a ellas, prefirieron no hacerlo.

Por lo demás, quizá sea relevante señalar también que en medicina el 66,6% de las plazas en esta última convocatoria fueron adjudicadas a mujeres y el 33,4% fueron adjudicadas a hombres (habían sido admitidos a las pruebas un 64,4% de mujeres y un 35,6% de hombres) y que en enfermería la proporción en la adjudicación fue del 90,5% de mujeres frente a un 9,5% de hombres (con una admisión del 89,5% de mujeres y un 10,5% de hombres). Es evidente que todas las especialidades relacionadas con la salud y el cuidado están feminizadas, pero parece que unas están más feminizadas que otras. Y quizá también que, en las menos feminizadas (o más recientemente feminizadas) como la de “los médicos”, es donde más se cultiva y más fascina la ilusión algorítmica y el ideal meritocrático.

Todavía no son muchas las voces que, desde el propio ámbito de la medicina y el sistema sanitario, cuestionan las implicaciones de estos modelos de acceso a la profesión médica (Vaz Leal, 2022), pero seguramente deberían ser más escuchadas.

### **Superando la ilusión algorítmica: apuntes para una crítica de las culturas examinadoras**

El examen es el escenario ritual de la ilusión algorítmica. Sin él no sería posible la representación reiterada del ideal meritocrático. Los ejemplos de la EBAU y el MIR evidencian su creciente presencia y sofisticación en los sistemas de reclutamiento para el acceso a la universidad o a profesiones tan apreciadas y relevantes como la de los médicos.

323

Tanto en las actividades cotidianas como en las pruebas externas, el examen y las culturas examinadoras han alcanzado en los últimos años una centralidad muy notoria en nuestros sistemas educativos. De hecho, conviven sin demasiados problemas con los reclamos de una evaluación por competencias y, aunque aparentemente son contradictorias, la tendencia a cuantificar esta en la forma de rúbricas hace que ambas puedan compartir los lenguajes propios de la ilusión algorítmica.

Aunque la educación en el siglo XXI sea radicalmente examenófila, los orígenes de tal dispositivo se encuentran en la propia configuración de la escuela reglada hace ya varios siglos. La escuela disciplinada y graduada es principalmente un invento protestante en el que tuvo un papel destacado Comenio. Pero la primacía escolar del examen fue, más bien, una aportación católica con los jesuitas como principales protagonistas (Fernández Enguita, 2018).

Si el examen de conciencia para el perdón de los pecados tenía su escenario oral (y musitado) en el confesonario, el examen de conocimientos para la valoración de los méritos tiene su escenario escrito (y silente) en el aula. Ambos conllevan penitencias, pero, mientras el primero perdona a los pecadores e iguala a los fieles, el segundo distingue a los elegidos y condena a los réprobos.

Más allá de las sugerentes metáforas sobre la inspiración religiosa de un dispositivo que se ha convertido en central para la jerarquización meritocrática en los modelos neoliberales, convendrá suscitar algunas reflexiones que quizá pudieran erosionar el

mito del examen como detector infalible de la verdad pedagógica. Se trata de esbozar un repertorio de críticas a ese dogma heredado del examen como el mejor sistema de evaluación posible. Serán, por tanto, unos apuntes valorativos para una crítica del examen en los que se partirá de su propia naturaleza constitutiva intentando responder al qué y al cómo de dicho artefacto.

1. *El examen es ortogonal y acotado en el espacio.* En una o varias hojas blancas y rectangulares. Con delimitación precisa de la extensión utilizable. Es la quintaesencia de la ortogonalidad escolar. La que define y caracteriza, hasta el paroxismo, al propio espacio del aula. Ortogonal en sus puertas y ventanas. En sus pizarras y paneles. En sus mesas y libros. En sus boletines y cuadernos. Y, por supuesto, también en sus exámenes. Nada que ver con la belleza infinita e infinitesimal de los espacios curvos.
2. *El examen es episódico y limitado (pero depredador) en el tiempo.* Acotado en el espacio y en el tiempo. Su comienzo y su final tienen fecha y hora señaladas. El examen no se puede empezar antes ni acabar después. Porque no es una actividad orgánica y creativa. Es una ceremonia. Un acto episódico y convocado con duración tasada. Sin embargo, a pesar de su aparente limitación temporal, genera metástasis en el tiempo. Se apropia de la clase anterior, en la que nadie está para nada que no sea el examen inminente, y también de parte de la siguiente, ocupada por las comparaciones sobre lo que cada cual ha puesto. También se apropia de las tardes y las noches domésticas en las que padres y madres ayudan con los deberes y preguntan la lección. Y cuando el examen es ceremonialmente notable (la EBAU, el MIR o las oposiciones) el secuestro de tiempo para su preparación puede ser de semanas, de meses o hasta de años.
3. *El examen es monódico y anticolaborativo.* Se hace en mesas separadas. De uno en uno y en filas ordenadas con la mayor distancia posible. El examen es individual e individualista. Según Aristóteles, además de racionales los humanos somos animales políticos. Más gregarios incluso que las abejas y las ovejas. Más colaborativos, y hasta altruistas, que ningún otro. Hoy la ciencia, la técnica, la política y el arte son impensables sin la colaboración y la cooperación. Son pura coproducción. Pero el examen no. El examen es monódico y nos trata como a mónadas. Es la imagen más perfecta del individualismo exacerbado. El ideal neoliberal convertido en ceremonia escolar.
4. *El examen tiene fiabilidad limitada y apenas validez ecológica.* Solo los repiten los repetidores y quienes los suspenden. Y para eso han de esperar mucho tiempo. Los otros nunca los repiten, aunque todos sabemos que cuanto más tiempo pase menos probable sería repetir los aciertos. El examen tiene poca fiabilidad porque no mide siempre lo mismo. Pero tampoco tiene mucha validez. No mide lo que pretende medir porque sus resultados predicen poco más que el éxito en la propia carrera académica (es decir, en la realización de otros exámenes). Los buenos resultados en los exámenes de las distintas disciplinas demuestran habilidades para hacer exámenes sobre ellas, pero no que se poseen las habilidades o competencias que requiere su práctica. Si así fuera, los que salen bien parados del examen del MIR ya no tendrían que hacer el MIR -es decir, aprender la profesión en la práctica-, sino que podrían ejercerla directamente. Y es que, como es bien

sabido, no es lo mismo saber nadar o saber montar en bicicleta que saber cómo se nada o cómo se monta en bicicleta.

5. *El examen es unidimensional en resultados y efectos.* Con su militancia algorítmica el examen tiene pasión por los números. Enteros o con varias cifras decimales. En España es de querencias pitagóricas y judeocristianas, de modo que su número mágico es el 10. Su infierno está en el 0 y su Rubicón en el 5. Una escala que parece equilibrada pero que si se aplicara de manera uniforme generaría una mitad de elegidos y otra de réprobos. Los resultados del examen clasifican jerárquicamente porque no entienden de más dimensiones que las verticales. Ser insuficiente o llegar a ser sobresaliente, pero siempre en escala única sin apreciaciones cualitativas ni multidimensionales. Lejos del 0 y del 10 suele estar la mayoría. Esas clases medias que se libran del purgatorio del 3 y del 4, pero que pocas veces llegan a ser notables. Son los aptos pero mediocres, los suficientes que demanda el mercado. El resultadismo que caracteriza a los exámenes tiene sus efectos clasificatorios: tras ellos se es más o se es menos. Se está más arriba o más abajo en la escala del merecimiento. Esa que empieza a definirse en el aula y cada vez tiene más predicamento.
6. *El examen tiene mucho valor de cambio, pero escaso (o nulo) valor de uso.* La distinción marxiana es muy oportuna aquí. Porque el principal valor del examen está en la acreditación que ofrece en el mercado de los grados, los títulos y las oposiciones. Su valor de uso es tan limitado que, fuera de ese mercado, apenas hay exámenes o son bastante secundarios. De hecho, fuera de su función en los sistemas de (re)producción meritocrática, los exámenes que se hacen solo propician acreditaciones binarias (apto/no apto) y casi siempre mayoritarias tras uno o varios intentos. Por ejemplo, los exámenes para obtener el permiso de conducir.
7. *El examen potencia el silencio (puntual) y la docilidad (general).* Las cabezas gachas, los cuerpos quietos, las bocas silentes. Vigilar un examen es sentir la paz de un poder impertérrito. Durante el examen, la docilidad es absoluta en la misma aula en que, si no lo hubiera, la disrupción acecharía. Pero la sumisión al examen se da también cuando es una posibilidad próxima o remota. La amenaza del examen gravita sobre todos y sobre cada uno. El examen como castigo, como ajuste de cuentas, como juicio sumarísimo, como ceremonia de iniciación o sacrificio. El examen siempre como horizonte que doma y adiestra.
8. *El examen es alérgico a la crítica y al diálogo.* El examen es soliloquio por escrito. Carta a un juez con veredicto demorado. Es lo opuesto al diálogo. A la razón atravesada y compartida. De hecho, el interlocutor del examen es solo uno y, aunque puede estar de cuerpo presente en la parte de atrás del aula, vigilándola, su papel empezará cuando el examen termine. Será un lector provisto de boli rojo que quizá tache, rectifique, niegue y descalifique antes de finalmente poner su veredicto en forma de calificación. Bien arriba, en la parte anterior del examen. El examen es la antítesis de la crítica porque lo que se espera que en él aparezca no es la objeción o la réplica, sino la comunión completa con el paradigma examinado. Que se conoce, que se entiende, que se defiende, que se está dentro de él y que nada se tiene que objetar al mismo. El examen es la ceremonia básica de la vieja ciencia normal, esa en la que caben pocas conjeturas y refutaciones.



9. *El examen es ajeno a la incertidumbre y refractario a la creatividad.* En el examen no hay gato de Schrödinger encerrado. Todo en él es para distinguir si se sabe o no se sabe y qué es lo que se sabe y lo que no se sabe. Porque la ciencia normal examinable no admite incertidumbres, ni indeterminaciones. De hecho, hasta la propia indeterminación será una respuesta correcta o incorrecta en el examen de matemáticas. Por eso el examen viene de lejos, del pasado, de unos tiempos en los que las dogmáticas sólidas aún tenían mucho peso y las cosas estaban muy claras. El examen profesa religiosamente la fe en la claridad y distinción de la evidencia cartesiana, pero no su duda metódica, ni la conciencia cierta de que es más estimulante indagar sobre lo que ignoramos que reiterar lo que ya sabemos. La incertidumbre y las decisiones en contextos ajenos a las certezas terminantes caracterizan nuestro mundo y nuestro tiempo. Frente a ellas, el examen parece una reliquia o un fósil de tiempos clausurados. También lo es para todo lo que tenga que ver con la creatividad, con la apertura a propuestas no previstas y a las interpretaciones originales. A todo eso que caracteriza y define tanto a la ciencia como al arte.
10. *El examen está volcado hacia la solidez del pasado y es incompatible con la prospectiva y el futuro.* En el examen solo entra lo que ya salió. Solo se pregunta por lo que ya ha sido respondido y no es discutido. El suyo es el territorio del pasado. De lo que sucedió y lo que ya se sabe. Garantizar que los neófitos lo conocen (o simulan conocerlo) es el propósito del examen. Pero quienes se examinan lo hacen siempre mirando al futuro, buscándose la vida, queriendo labrarse un porvenir que aún no está definido. De hecho, así es el futuro desde nuestro presente. Más abierto que nunca, retador y desafiante. Exigiéndonos decisiones sobre problemas de los que no conocemos todos los datos. El futuro no es un puzle en el que, si se conocen, todas las piezas encajan. Por eso el futuro no encaja en la lógica ortogonal y acotada del examen. La prospectiva, los escenarios tentativos, los problemas abiertos, los temas controvertidos, las soluciones alternativas, lo posible improbable, lo pensable indeseable... Todo eso no cabe en los exámenes. Pero es justamente lo que más importa en nuestro tiempo y sobre lo que deberían aprender muchas cosas los ciudadanos que habitarán el futuro. Pero es que nuestro tiempo y el futuro tienen muy poco que ver con el tiempo de los exámenes.
11. *El examen es pedagógicamente teleológico.* “¿Esto entra, profe?”. El alumno es sabio y con esa pregunta está intuyendo que lo que importa es solo lo que entra en el examen. El examen es causa final aristotélica. El propósito que describe y prescribe lo que importa en el aula, en el MIR, en la EBAU o en la oposición... Si entra en el examen debe ser estudiado. Si no entra, puede ser despreciado o, al menos, obviado. El examen, que mira siempre al pasado, condiciona el presente desde el futuro. Así sucede en el último curso de bachillerato en el que docentes y discentes comparten una carrera de entrenamientos estresantes para sobrevivir a la EBAU. Incluso en el último curso del grado de medicina, en el que las academias preparatorias empiezan ya a erosionar la atención de los futuros médicos en los rotatorios hospitalarios. Las épocas de exámenes son los ritos de paso apolíneos tras los cuales se celebran fiestas dionisiacas. Hitos que marcan el fin del tiempo doliente del estudio desorientado. Tras ellos queda la posibilidad a plazo fijo de los placeres desenfrenados.



12. *El examen genera una profesionalidad docente policial por presunción de la delincuencia discente.* Innovar y copiar es la esencia de lo humano. Vamos a hombros de gigantes porque copiamos. Los trascendemos porque innovamos. Pero tanto copiar como innovar están prohibidos en el examen. Innovar porque es ontológicamente incompatible con la esencia del examen. Copiar porque es axiológicamente inaceptable en su ética perversa. Una ética que presupone la condición potencialmente delictiva del examinando y la obligación necesariamente policial del examinador. Este debe vigilar para que aquel no copie. Él no podrá hacerlo, pero se presupone que lo desearía y siempre queda la duda de si también debería intentarlo. Una ética perversa que está en las antípodas de la lealtad y la confianza. Tanto, que acaba legitimando y promoviendo la deslealtad y la desconfianza. Ya solo por ello, por su inmoralidad, los exámenes deberían estar proscritos de los espacios educativos, de las instituciones civilizadoras.
13. *El examen genera inercias examenófilas y examencéntricas.* “Es lo que hay”. “Siempre hubo exámenes y siempre los habrá”. Es la actitud complacientemente inercial que sirve de coartada (que no de justificación) para mantener lo dado, lo heredado, lo único que se ha conocido. Y así cuantos más exámenes se hacen, más exámenes se harán. No es raro que muchos de los examinandos que salen bien parados de esa liturgia acaben convirtiéndose en examinadores eficaces. De hecho, casi todos los profesores seguramente fueron buenos alumnos. O al menos fueron supervivientes a muchos exámenes. Por eso, el examen sigue en el centro de nuestros sistemas escolares, por las cultivadas querencias examenófilas de quienes respondieron a muchos y ahora se los ponen a otros. Parafraseando el bellissimo verso de Lope (que quizá también sea pasto de algún examen), “quien lo probó lo sabe”. Pero, nada que ver con el amor. No se trata de “dar la vida y el alma a un desengaño”, porque, en el vicio del examen, más bien quien lo sufrió lo promueve.
14. *El examen crea ilusiones de (pseudo)precisión y (pseudo)objetividad algorítmica.* Y todo ello con dos dispositivos que, como se ha visto, resultan imprescindibles: el culto al examen y una utilización espuria y falaz de los algoritmos matemáticos para crear unas ilusiones que no son solo social y culturalmente nocivas, sino que falsifican y perjudican a las propias matemáticas. Con permiso de Platón, el papel de estas no ha de ser la legitimación del elitismo y la consolidación de la desigualdad y las estructuras jerárquicas. Como se ha visto en los casos de la EBAU y del llamado examen del MIR, el uso reflexivo de las matemáticas permite desvelar las pretensiones falaces de precisión y objetividad que se esconden en el artefacto añejo del examen y en la tecnificación de sus resultados mediante tramposas ilusiones algorítmicas. Desvelar las falacias presentes en estas es algo que se puede hacer precisamente con la ayuda de las matemáticas. Deshacernos de la primacía de aquel en nuestras culturas evaluadoras requerirá cierto esfuerzo reflexivo en las comunidades docentes y en las administraciones.

¿Por dónde empezar para acabar con los exámenes? ¿Por el del MIR? ¿Por la EBAU? ¿Por las grandes pruebas externas? Sin duda, hay que hacerlo. Y el contenido de este texto pretende ser una pequeña contribución para mostrar la necesidad de cambiar esas pruebas emblemáticas. Sin embargo, quizá debamos comenzar antes, aboliendo los exámenes desde los niveles más básicos. En la educación primaria,

en la secundaria y también en la universitaria. Creando las condiciones para que vaya floreciendo una cultura abolicionista que abra nuevos caminos en los que la formación sea más importante que la evaluación y las matemáticas no se utilicen como coartada para generar ilusiones algorítmicas al servicio de la tiranía del mérito y la supuesta igualdad de oportunidades que tan acertadamente denuncia Sandel (2020) y Rendueles (2020).

Porque otra educación es posible y también son posibles otras formas de evaluación más valiosas. Para saberlo conviene escuchar a los maestros. A Miguel de Unamuno y a Emilio Lledó. Y superar de una vez el asignaturismo que todavía está tan presente en nuestros sistemas educativos, en sus culturas docentes y en sus formas de evaluación. Porque de lo que se trata no es de seguir haciendo muchos exámenes, sino de apostar por nuevos fines educativos distintos de la meritocracia. Unos fines que no confundan el valor con el precio ni nos sigan hechizando con la falsa objetividad de las ilusiones algorítmicas.

“Todos los años, desde que soy catedrático, me dejan los exámenes en el alma estela de pesar y de desconfianza, dejo de amargura. ¿Es ésta la juventud que hacemos? —me digo— ¡Jóvenes sin juventud alguna! ¡Forzados de la ciencia oficial! El espectáculo es deprimente.

Un año con otro he contribuido a licenciar en Filosofía y Letras una decena bien cumplida de estudiantes. Y ¡vaya unos filósofos y unos literatos que por ahí nos salen!

Bola número quince... ¡Terencio! ¿Dónde nació Terencio? Recíteme usted su cédula de vecindad, sus ires y venires, los títulos de sus obras, el argumento de alguna de ellas y el juicio que le merece al autor del manualet. Y Terencio resulta así un nombre, algo muerto y enterrado, un Fulano de gacetilla. ¡Excelente sistema para matar el apetito de aprender!

El saber no ocupa lugar. Esta maldita fórmula ha encubierto estragos. Sí, el saber ocupa lugar, ¡vaya si lo ocupa! Y cuando menos, nadie pondrá en duda que el aprender ocupa tiempo, y que éste es irreversible; se va para nunca jamás volver...”

(Miguel de Unamuno, 1899)

“Proyectados hacia esos períodos febriles que, en junio o septiembre, angustian a nuestros estudiantes, nada más inútil que ese saber memorístico, manualesco, convertido en fórmulas que sólo sirven para pasar la disparatada liturgia examinadora. Una juventud filtrada a lo largo de los cinco cursos de universidad y de los diez o doce de enseñanza primaria y media acaba maltratando su mente, sus ilusiones y pensando que el apasionante mundo del saber y de la ciencia es ese horroroso organismo de mediocridad, falso pragmatismo e ignorancia que, como es manifiesto, ha frustrado durante siglos nuestras mejores posibilidades intelectuales.”

(Emilio Lledó, 1982)

## Bibliografía

Acevedo Díaz, J. A. (2020). Todo lo que siempre quiso saber sobre STEM/STEAM y nunca se atrevió a preguntar. Formación IB. Recuperado de: <http://formacionib.org/noticias/?Todo-lo-que-siempre-quiso-saber-sobre-STEM-STEAM-y-nunca-se-atrevio-a-preguntar>.

Bogdan Toma, R. y García-Carmona, A. (2021). “De STEM nos gusta todo menos STEM”. Análisis crítico de una tendencia educativa de moda. Enseñanza de las Ciencias, 39(1), 65–80. DOI: <https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.3093>.

Boletín Oficial del Estado (2020). Ley Orgánica 3/2020, de 29 de diciembre, por la que se modifica la Ley Orgánica 2/2006, de 3 de mayo, de Educación (LOMLOE). 340, 30 de diciembre. Recuperado de: <https://www.boe.es/eli/es/lo/2020/12/29/3>.

Boletín Oficial del Estado (2021). Orden SND/948/2021, de 8 de septiembre, por la que se aprueba la oferta de plazas y la convocatoria de pruebas selectivas 2021 para el acceso en el año 2022, a plazas de formación sanitaria especializada para las titulaciones universitarias de grado/licenciatura/diplomatura de Medicina, Farmacia, Enfermería y ámbito de la Psicología, la Química, la Biología y la Física. 11 de septiembre. Recuperado de: [https://www.boe.es/diario\\_boe/txt.php?id=BOE-A-2021-14809](https://www.boe.es/diario_boe/txt.php?id=BOE-A-2021-14809).

Boletín Oficial del Estado (2022a). Real Decreto 243/2022, de 5 de abril, por el que se establecen la ordenación y las enseñanzas mínimas del Bachillerato. 6 de abril. Recuperado de: <https://www.boe.es/eli/es/rd/2022/04/05/243>.

329

Boletín Oficial del Estado (2022b). Orden PCM/58/2022, de 2 de febrero, por la que se determinan las características, el diseño y el contenido de la evaluación de Bachillerato para el acceso a la universidad, y las fechas máximas de realización y de resolución de los procedimientos de revisión de las calificaciones obtenidas, en el curso 2021-2022. Boletín Oficial del Estado, 4 de febrero de 2022. Recuperado de: <https://www.boe.es/eli/es/o/2022/02/02/pcm58/con>.

Crespo González, J., (2021). ¿Debe la alta función pública parecerse a la sociedad? Algunas enseñanzas de la reforma de la alta función pública en Francia. Documentación Administrativa, 8, 9-24. DOI: <https://doi.org/10.24965/da.i8.11022>.

Del Molino, S. (2022). La ambición de Gabriel. El País, 22 de junio. Recuperado de: <https://elpais.com/opinion/2022-06-22/la-ambicion-de-gabriel.html>.

Fernández Enguita, M. (2018). Más escuela y menos aula: la innovación en la perspectiva de un cambio de época. Madrid: Morata.

Future Policy Lab (2022). Derribando el dique de la meritocracia. Informe. Madrid, 18 de mayo. Recuperado de: [https://www.futurepolicylab.com/wp-content/uploads/2022/05/220518\\_FPL\\_Derribando-el-dique-de-la-meritocracia-1.pdf](https://www.futurepolicylab.com/wp-content/uploads/2022/05/220518_FPL_Derribando-el-dique-de-la-meritocracia-1.pdf).

Lledó, E. (1982). La carga de los exámenes. *El País*, 1 de julio. Recuperado de: [https://elpais.com/diario/1982/07/01/opinion/394322411\\_850215.html](https://elpais.com/diario/1982/07/01/opinion/394322411_850215.html).

MacGillis, A. (2022). *Estados Unidos de Amazon. La historia del futuro que nos espera*. Barcelona: Península.

Martín Gordillo, M. (2003). Metáforas y simulaciones: alternativas para la didáctica y la enseñanza de las ciencias. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 2 (3), 377-398. Recuperado de: [http://reec.uvigo.es/volumenes/volumen2/REEC\\_2\\_3\\_10.pdf](http://reec.uvigo.es/volumenes/volumen2/REEC_2_3_10.pdf).

Martín Gordillo, M. (2017). Superando la ilusión bilingüe. *Mácula*, 8 de septiembre. Recuperado de: [http://maculammg.blogspot.com/2017/09/superando-la-ilusion-bilingue\\_8.html#more](http://maculammg.blogspot.com/2017/09/superando-la-ilusion-bilingue_8.html#more).

Martín Gordillo, M. (2019). STEAM(E). *Mácula*, 15 de octubre. Recuperado de: <http://maculammg.blogspot.com/2019/10/steame.html>.

Martín Gordillo, M., González Galbarte, J. C. y Fernández García L.E. (2018). Exotitulación: un condicionante para una ciencia cordial. En M. Martín Gordillo e I. P. Martins (Coords.), *Ciencia cordial: un desafío educativo*. (30-47). Madrid: Catarata. Recuperado de: <http://formacionib.org/noticias/IMG/pdf/cienciacordial.pdf>.

Ministerio de Sanidad (2022). *Formación Sanitaria Especializada: Resumen General de la Convocatoria 2021/22*. Recuperado de: <https://fse.mscbs.gob.es/fseweb/view/public/datosanteriores/resumenGeneral/listadosResumen.xhtml?faces-redirect=true#>.

Perales-Palacios, F. J. y Aguilera, D. (2020). Ciencia-Tecnología-Sociedad vs. STEM: ¿evolución, revolución o disyunción? *Ápice. Revista de Educación Científica*, 4(1), 1-15. DOI: <https://doi.org/10.17979/arec.2020.4.1.5826>.

Rendueles, C. (2020). *Contra la igualdad de oportunidades: un panfleto igualitarista*. Barcelona: Seix Barral.

Sandel, M. J. (2020). *La tiranía del mérito: ¿qué ha sido del bien común?* Barcelona: Debate.

Unamuno, M. (2007 [1899]). *Ensayos: De la enseñanza superior en España. Obras completas, VIII*. Madrid, Biblioteca Castro.

Vaz Leal, F. J. (2022). La formación de los médicos: ¿en qué nos estamos equivocando? *Hoy Extremadura*, 30 de mayo. Recuperado de: <https://www.hoy.es/opinion/formacion-medicos-equivocando-20220530085730-nt.html>.

### **Cómo citar este artículo**

Martín Gordillo, M. y Martín Carranza, A. (2022). Ilusión algorítmica y culturas examinadoras. Dos casos paradigmáticos: la EBAU y el examen MIR. *Revista Iberoamericana de Ciencia, Tecnología y Sociedad –CTS*, 17(51), 307-331. Recuperado de: [inserte URL]



SOBRE ESTE VOLUMEN *C/S*





# EVALUADORES DEL VOLUMEN 17

Números 49, 50, 51 y especial \*

Los siguientes son los evaluadores que revisaron y aprobaron los trabajos publicados en la sección *Artículos* del volumen 17 (números 49, 50, 51 y número especial "Fronteras CTS en Argentina y Brasil"):

335

**Rodolfo Barrere:** doctor en ciencias sociales (Universidad Nacional de Quilmes, Argentina) y licenciado en comunicación social. Especializado en temas relacionados con la producción, la gestión y el análisis de información científica, tecnológica y de innovación. Actualmente se desempeña como coordinador de la Red Iberoamericana de Indicadores de Ciencia y Tecnología (RICYT) y del Observatorio Iberoamericano de la Ciencia, la Tecnología y la Sociedad (OCTS) de la Organización de Estados Iberoamericanos (OEI).

**Darío Codner:** licenciado en física y magíster en política y gestión de la ciencia y la tecnología de la Universidad de Buenos Aires (UBA). Está dedicado a la gestión de la vinculación y transferencia tecnológica desde hace 20 años. Es profesor titular concursado de la Universidad Nacional de Quilmes (UNQ) y director del Observatorio Académico de Aplicaciones Móviles para la Salud. Fue secretario de innovación y transferencia tecnológica de UNQ hasta 2021. Como consultor profesional ha trabajado para organismos internacionales y nacionales como el BID, el Banco Mundial, OEI, ANPCYT, MINCYT (Argentina), Ministerio de Defensa (Argentina), ANII y Ministerio de Educación (Uruguay), Fundación Instituto Leloir (Inis Biotech S.A.), entre otros.

---

\* El número especial "Fronteras CTS en Argentina y Brasil" será publicado en diciembre de 2022, al cierre del presente volumen.

**Rafael Dias:** profesor asociado de la Facultad de Ciencias Aplicadas de la Universidad de Campinas (Unicamp), Brasil. Actualmente es asesor de la Dirección Ejecutiva de Relaciones Internacionales (DERI) de la misma universidad. Trabaja en el Programa de Posgrado Interdisciplinario en Ciencias Humanas y Sociales Aplicadas y en el Programa de Posgrado en Política Científica y Tecnológica, ambos de Unicamp. También es coordinador de GAPI (Grupo de Análisis de Políticas de Innovación) de la misma universidad. Realizó una pasantía posdoctoral en la Unidad de Investigación de Políticas Científicas (SPRU), en la Universidad de Sussex, Reino Unido (2016), con apoyo de CAPES. Es magíster y doctor en política científica y tecnológica por Unicamp (2005 y 2009, respectivamente), con una pasantía en el Georgia Institute of Technology. Es licenciado en economía por Facamp (Faculdades de Campinas, 2003) y tiene experiencia en las áreas de estudios sociales de la ciencia y la tecnología y análisis de políticas de ciencia, tecnología e innovación. Trabaja principalmente en los siguientes temas: tecnologías para la inclusión social; ciencia, tecnología y poder; tecnología y democracia; política de ciencia y tecnología comparadas.

**María Eugenia Fazio:** docente investigadora en comunicación pública de la ciencia y la tecnología en la Universidad Nacional de Quilmes (UNQ), Argentina. Es doctora en filosofía por la Universidad de Oviedo, España. Integró diversos equipos de investigación sobre estudios de ciencia, tecnología y sociedad (CTS): Centro REDES y Fundación CENIT de Argentina, e Institute of Development Studies (IDS) de Inglaterra. Formó parte del equipo de programación cultural del Centro Cultural de la Ciencia (MINCYT, Argentina) e integró el grupo que impulsó la creación del Programa de Comunicación de la Ciencia de la UNQ, donde hoy realiza actividades de gestión de cultura científica. Actualmente coordina el proyecto interuniversitario de cultura científica “Saberes en Territorio”, ganador de la Convocatoria 2021 Proyectos de Cultura Científica (MINCYT), y dirige la especialización en comunicación, gestión y producción cultural de la ciencia y la tecnología de la UNQ.

**Lais Fraga:** professora associada da Faculdade de Ciências Aplicadas (FCA) da Universidade Estadual de Campinas (Unicamp), Brasil. Graduada em engenharia de alimentos (2003), mestre (2007) e doutora (2012) em política científica e tecnológica pela Unicamp. Atua na extensão universitária através na Incubadora Tecnológica de Cooperativas Populares (ITCP/Unicamp) desde 2004, da qual é coordenadora. Atua nos temas: estudos sociais da ciência e da tecnologia; tecnologia e desigualdades; tecnologia e diversidade; e extensão universitária.

**Bralind Kiri:** docente de economía en la Universidad de Granada, España. Anteriormente ha ocupado cargos académicos en las siguientes universidades: Universidad de Salamanca (España), Universidad de Bolonia (Italia), Universidad TOBB (Turquía) y UNYT (Albania). Es doctor en ciencias económicas y empresariales por la Universidad de Granada, además de tener una licenciatura en finanzas y contabilidad, y dos títulos de maestría en áreas de economía y empresas.

**Santiago M. López:** licenciado en historia por la Universidad Autónoma de Madrid, España. Doctor en economía por la Universidad Complutense de Madrid. Estancias posdoctorales en Italia y Reino Unido. En la actualidad dirige el Instituto de Estudios Sociales de la Ciencia y la Tecnología de la Universidad de Salamanca y

es vicepresidente de la Asociación Española para el Avance de la Ciencia. Ha sido presidente de la Asociación Española de Historia Económica.

**Carlos Pérez Rasetti:** profesor de humanidades, especialidad letras de la Universidad Nacional del Sur-IUSC, Argentina. Profesor titular e investigador (cat. II) de la Universidad Nacional de la Patagonia Austral (UNPA), Argentina, donde es profesor de grado y posgrado y colaborador permanente en el rectorado. Dirige la especialización en docencia universitaria de la Universidad Nacional de José C. Paz, Argentina, y la maestría en gestión y evaluación de la educación superior en la Universidad Gastón Dachary, Argentina, universidades en las cuales además es consultor permanente. Es miembro del grupo de expertos de la Red Iberoamericana de Indicadores de Educación Superior (Red INDICES), de la que fue coordinador desde su constitución en 2016 y hasta 2019. Fue rector de la UNPA, miembro del directorio de la CONEAU, secretario ejecutivo de los Consejos de Planificación Regional de la Educación Superior (SPU-ME, Argentina), subsecretario de formación en el Ministerio de Defensa y de Planeamiento y Formación y en el Ministerio de Seguridad de la Argentina. Se especializa en temas de educación superior, con foco en políticas públicas de gestión, planificación y evaluación de instituciones y programas. Ha sido profesor de posgrado y conferencista en diversas universidades de Argentina, Brasil, Colombia, Ecuador, Chile, Guatemala, Cuba, España y Paraguay. Es autor de numerosas publicaciones en revistas nacionales y del extranjero y en libros, y participa en varios comités académicos de publicaciones en Argentina, Uruguay y Brasil.

**Norma Valencio:** profesora *senior* del Programa de Ciências Ambientales da Universidade Federal de São Carlos (UFSCar), Brasil. Se graduó en ciencias económicas en la PUC-Campinas (1985). Es magíster en educación y doctora en ciencias humanas por UNICAMP (1988 y 1993, respectivamente).

337

**Vladimiro Verre:** licenciado en ciencias políticas por la Università degli Studi di Pavia, Italia. Magíster en relaciones internacionales Europa-América Latina por la Università di Bologna, Italia, y en gestión de la ciencia, la tecnología y la innovación por la Universidad Nacional de General Sarmiento (UNGS), Argentina, así como doctor en ciencias sociales por FLACSO Argentina. Es investigador docente en el Área de Economía del Conocimiento del Instituto de Industria de UNGS y en el Centro Interdisciplinario de Estudios en Ciencia, Tecnología e Innovación (CIECTI). Es director de la carrera de economía industrial en UNGS y autor de numerosas publicaciones en temáticas vinculadas con ciencia, tecnología e innovación.



Se terminó de editar en  
**Buenos Aires, Argentina**  
en noviembre de 2022



# REVISTA IBEROAMERICANA DE CIENCIA, TECNOLOGÍA Y SOCIEDAD

## Dossier: *La mirada CTS en la educación*

### Presentación

Isabel P. Martins y Mariano Martín Gordillo

### La naturaleza de la ciencia en las metas de aprendizaje de las sucesivas reformas curriculares en España: un análisis desde la tradición CTS

Antonio García-Carmona

### Ideas de futuros profesores de secundaria sobre la naturaleza de la ciencia para la elaboración de criterios formativos en este ámbito

Juan José Vicente, Natalia Jiménez-Tenorio y José María Oliva

### Del CTS educativo a la ambientalización del contenido y la formación ciudadana ambiental

Diana Lineth Parga Lozano

### Pensamento crítico e criativo para uma educação ciência-tecnologia-sociedade

Celina Tenreiro-Vieira e Rui Marques Vieira

### Ciência cidadã e educação CTS/CTSA: perspectivando contributos, desafios e oportunidades

Carla Morais

### FACTS: uma ferramenta CTS para avaliação de processos e produtos na educação científica

Denise de Freitas, Mariana dos Santos, Alice Helena Campos Pierson e Genina Calafell

### El papel de los proyectos de investigación con enfoque CTS en el diseño de un nuevo modelo de currículo de ciencias en Panamá

Blanca Puig, Luis Fernández López, María Heller, Lineth Campos Romero y Krystal Del Rosario

### Educación alimentaria con enfoque CTS en Argentina

Damián Lampert y Silvia Porro

### Educação CTS e as pesquisas acadêmicas do Núcleo Interdisciplinar de Estudos e Pesquisas em CTS (NIEPCTS): estado do conhecimento de 2011 a 2022

Maria Delourdes Maciel, Ricardo Pereira Sepini, Sonia Aparecida Cabral e Everton Joventino da Silva

### CTS en la educación en ingeniería: aportes de la Red de Ingeniería, Tecnología y Sociedad

Javier Jiménez Becerra y Jorge Rojas-Álvarez

### Orientações ciência, tecnologia e sociedade (CTS) e pensamento crítico no ensino de ciências: compreensões tecidas a partir do mapeamento de pesquisas brasileiras

R. dos Santos Oliveira, B. Marques Duarte, N. M. Michellan Kiouranis e L. Carvalhais Gomes

### Ilusión algorítmica y culturas examinadoras. Dos casos paradigmáticos: la EBAU y el examen MIR

Mariano Martín Gordillo y Ángela Martín Carranza

Instituto Universitario de  
Estudios de la Ciencia y la Tecnología,  
Universidad de Salamanca



INSTITUTO  
UNIVERSITÁRIO  
DE LISBOA



redes  
Centro de Estudios sobre Ciencia,  
Desarrollo y Educación Superior

