

Revista

# IBERO AMERICANA

de Educación / Educação

OEI

MONOGRÁFICO  
VOL. 87 NÚM. 1

ISSN: 1022-6508  
ISSNe: 1681-5653

septiembre-diciembre 2021

setembro-dezembro 2021

**Educación Científica. Nuevas metodologías para una sociedad cambiante**

Educação Científica. Novas metodologias para uma sociedade em constante mudança



© Madrid, OEI, 2021

Educación Científica. Nuevas metodologías para una sociedad cambiante  
*Educação Científica. Novas metodologias para uma sociedade em constante mudança*

Revista Iberoamericana de Educación / *Revista Ibero-americana de Educação*

Vol. 87. Núm. 1

Septiembre-Diciembre / *Setembro-Dezembro*

220 páginas

Revista cuatrimestral / *Revista quadrimestral*

#### EDITA

Educación Superior, Ciencia y EFTP

Organización de Estados Iberoamericanos para la Educación, la Ciencia y la Cultura (OEI)

Bravo Murillo, 38. 28015 - Madrid, España / Tel.: (34) 91 594 43 82

rie@oei.int; <https://rieoei.org/RIE>

ISSN: 1022-6508 - ISSNe: 1681-5653

Depósito Legal: BI-1094-1993

Diseño de la cubierta: Noelia Gordon, OEI - Madrid

Foto de la portada: Shutterstock

#### TEMAS / TEMAS

Educación científica; STEM; didáctica de las ciencias experimentales, educación basada en evidencias.

*Educação científica; STEM; didática das ciências experimentais; educação baseada em evidências.*

La REVISTA es una publicación indizada en: / *A REVISTA é uma publicação indexada em:*

WOS: <https://clarivate.com/>

DOAJ: <https://doaj.org/>

REDIB: [www.redib.org/](http://www.redib.org/)

LATINDEX: [www.latindex.unam.mx](http://www.latindex.unam.mx)

Dialnet: <https://dialnet.unirioja.es/>

IRESE: [www.iisue.unam.mx/iresie](http://www.iisue.unam.mx/iresie)

ABES SUDOC: [www.sudoc.abes.fr](http://www.sudoc.abes.fr)

Biblioteca Digital: [www.oei.es/bibliotecadigital.php](http://www.oei.es/bibliotecadigital.php)

Qualis - CAPES: <http://qualis.capes.gov.br/webqualis>

Portal periodicos. Capes: <http://www.periodicos.capes.gov.br/>

La Revista evalúa los trabajos mediante el sistema de arbitraje «ciego por pares» a través de especialistas externos a la Redacción.

A Revista avalia os trabalhos mediante o sistema de arbitragem «cego por pares» através de especialistas externos à Redação.

Todos los números MONOGRÁFICOS se encuentran digitalizados en acceso abierto en la página web de la revista. Además, la RIE edita números extraordinarios con investigaciones, ensayos e innovaciones educativas de otras áreas educativas, que complementan a los monográficos

*Todos os números TEMÁTICOS podem ser consultados em formato digital no site da revista. Também, a RIE apresenta números especiais não temáticos com investigações, estudos, inovações e ensaios para complementar em outras áreas de interesse educacional*

La OEI no se responsabiliza de las opiniones expresadas en los artículos firmados ni comparte necesariamente las ideas manifestadas en los mismos.

*A OEI não se responsabiliza pelas opiniões expressas nos artigos assinados nem compartilha necessariamente as ideias manifestadas nos mesmos.*



Director / Diretor: Francesc Pedró, UNESCO-IESALC

Secretaría de Redacción / Secretaria de Redação: Ana Capilla

Equipo de Redacción / Equipe de Redação: Bárbara García, Paula Sánchez-Carretero, Andrés Viseras

Traducción (portugués) / Tradução (português): Simone Nascimento

## COORDINADORES DE ESTE NÚMERO / COORDENADORES DESTE NÚMERO

F. Javier Perales, *Universidad de Granada (España)*

David Aguilera, *Universidad de Granada (España)*

## CONSEJO EDITORIAL / CONSELHO EDITORIAL

Mariano Jabonero, *Secretario General de la OEI*

Otto Granados, *ex Secretario de Educación Pública de México y presidente del Consejo Asesor de la OEI*

Ángel Gabilondo, *Universidad Autónoma de Madrid (España)*

Alejandro Jorge Granimian, *Universidad de New York (EE.UU.)*

Ariel Fiszbein, *Diálogo Interamericano (Argentina)*

Axel Rivas, *Universidad de San Andrés (Argentina)*

Cecilia María Vélez, *Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano (Colombia)*

Claudia Laura Limón Luna, *CONCIUS (México)*

Claudia Peirano, *Fundación Educacional Oportunidad (Chile)*

Emiliana Vegas, *Center for Universal Education - Brookings Institution (EE.UU.)*

María Claudia Uribe Salazar, *Oficina Regional de Educación de la UNESCO para América Latina y el Caribe. Representante para Chile*

Juan Ernesto Treviño Villareal, *Pontificia Universidad Católica de Chile*

Fernando M. Reimers, *Universidad de Harvard (EE.UU.)*

Héctor Valdés Véloz, *Corporación Conciencia Educativa de Chile*

Victor Hugo Díaz Díaz, *Consejo Nacional de Educación, Perú*

Jaime Saavedra, *Banco Mundial*

Jorge Sainz González, *Universidad Rey Juan Carlos (España)*

José Augusto Britto Pacheco, *Instituto de Educação do Minho (Portugal)*

José Henrique Paim Fernandes, *Centro de Gestão Municipal e Políticas Edacionais (Brasil)*

José Joaquín Brunner, *Universidad Diego Portales (Chile)*

José David Weinstein Cayuela, *Universidad Diego Portales (Chile)*

Lorenzo Gomez Morin Fuentes, *Secretaría de Educación del Gobierno de Baja California (México)*

Margarita Peña, *Universidad Jorge Tadeo Lozano (Colombia)*

María Helena Guimarães de Castro, *Universidad Estatal de Campinas - UNICAMP (Brasil)*

Mariano Fernández Enguita, *Universidad Complutense de Madrid (España)*

Mariano Narodowski, *Universidad Toruato Di Tella (Argentina)*

Melina Gabriela Furman, *Universidad de San Andrés (Argentina)*

Rafael de Hoyos Navarro, *Unidad de Educación para América Latina. Banco Mundial*

Renato Esteban Opertti Belando, *Universidad Católica del Uruguay*

Ricardo Cuenca Pareja, *Instituto de Estudios Peruano - IEP (Perú)*

Sergio Cárdenas Denham, *Centro de Investigación y Docencia Económicas - CIDE (México)*

## CONSEJO CIENTÍFICO / CONSELHO CIENTÍFICO

Agustín de la Herrán Gascón, *Universidad Autónoma de Madrid, España.*

Américo Domingos Matindique, *Universidade Jean Piaget de Moçambique.*

Ángel San Martín Alonso, *Universidad de Valencia, España.*

Ascensión Palomares Ruiz, *Universidad de Castilla-La Mancha, España.*

António Manuel Águas Borralho, *Universidade de Evora, Portugal.*

Carmen Nieves Pérez Sánchez, *Universidad de La Laguna, España.*

Cleci Werner da Rosa, *Universidade de Passo Fundo, Brasil.*

Edson Jorge Huairé Inacio, *Universidad San Ignacio de Loyola (USIL), Perú.*

Elsa Piedad Cabrera Murcia, *Pontificia Universidad de Chile.*

Francisco Ramos Calvo, *Loyola Marymount University, EE.UU.*

Gregorio Jiménez Valverde, *Universidad de Barcelona, España.*

Ileana Leonor Farre, *Universidad del Chubut, Argentina.*

Isabel María Gallardo Fernández, *Universidad de Valencia, España.*

Isabel Patricia Espiro Barrera, *Universidad Santo Tomás, Chile.*

Joan Andrés Traver Martí, *Universidad Jaime I, España.*

Jorge Bonito, *Universidade de Evora, Portugal.*

José Armando Salazar Ascencio, *Universidad de La Frontera, Chile.*

José Quintanal Díaz, *Universidad Nacional de Educación a Distancia, España.*

Juan José Leiva Olivencia, *Universidad de Málaga, España.*

Juan Vicente Ortíz Franco, *Fundación Universitaria Los Libertadores, Colombia.*

Liliana Soares Ferreira, *Universidade Federal de Santa Maria, Brasil.*

Manuel Ferraz Lorenzo, *Universidad de La Laguna, España.*

Márcia Lopes Reis, *Universidade Estadual Paulista - UNESP, Brasil.*

Marco Silva, *Universidade do Estado do Rio de Janeiro - UERJ, Brasil.*

María Ángeles González Galán, *Universidad Nacional de Educación a Distancia (UNED), España.*

María Amelia Pidello Rossi, *IRICE-CONICET, Argentina.*

María Clemente Linuesa, *Universidad de Salamanca, España.*

María Célia Borges, *Universidade Federal de Uberlândia (UFU), Brasil.*

María del Carmen Lorenzatti, *Universidad Nacional de Córdoba, Argentina.*

María Eveline Pinheiro Villar de Queiroz, *Ministério da Educação, Brasil.*

María Inmaculada Egidio Gálvez, *Universidad Autónoma de Madrid, España.*

María Jesús Vitón de Antonio, *Universidad Autónoma de Madrid, España.*

María José Bautista-Cerro Ruiz, *Universidad Nacional de Educación a Distancia (UNED), España.*

María Teresa Gómez del Castillo, *Universidad de Sevilla, España.*

Ondina Pena Pereira, *Universidade Católica de Brasília, Brasil.*

Paulo Celso Ferrari, *Universidade Federal de Goiás (UFG), Brasil.*

Rafael Guimarães Botelho, *Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio de Janeiro (IFRJ), Brasil.*

Rafael Pérez Flores, *Universidad Autónoma Metropolitana, México.*

Rosa Vázquez Recio, *Universidad de Cádiz, España.*

Ronilson Freitas de Souza, *Universidade do Estado do Pará (UEPA), Brasil.*

Silvia María de Oliveira Pavao, *Universidade Federal de Santa Maria-UFSM, Brasil.*

Teresita Alzate Yepes, *Universidad de Antioquia, Colombia.*

Valentín Martínez-Otero Pérez, *Universidad Complutense de Madrid, España.*

William Moreno Gómez, *Universidad de Antioquia, Colombia.*

## EVALUADORES DE DE ESTE NÚMERO / AVALIADORES DESTE NÚMERO

Aida Maria Torres Alfonso, *Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas, Cuba* ●  
Ana María Botella Nicolás, *Universidad de Valencia (UV), España* ●  
António Manuel Aguiar Borralho, *Universidade de Evora, Portugal* ●  
Antonio Torralba Burrial, *Universidad de Oviedo, España* ●  
Radu Bogdan Toma, *Universidad de Burgos (UBU), España* ●  
Cleci Teresinha Werner da Rosa, *Universidade de Passo Fundo, Brasil* ●  
Cristina Gil Puente, *Universidad de Valladolid, España* ●  
Davi Cavalcante Roque da Silva, *Prefeitura Municipal de Valença, RJ, Brasil* ●  
Ederval Pablo Ferreira da Cruz, *Instituto Federal do Espírito Santo (IFES), Brasil* ●  
Edison Trombeta de Oliveira, *Universidade de São Paulo (USP), Brasil* ●  
Elsa Isabelinho Barbosa, *Universidade de Evora (UE), Portugal* ●  
Esther Paños Martínez, *Universidad de Castilla-La Mancha, España* ●  
Everton Viesba Viesba-García, *Universidade Federal de São Paulo (UNIFESP), Brasil* ●  
Fátima Rodríguez Marin, *Universidad de Sevilla (US), España* ●  
Felipe Peraza Garay, *Universidad Autónoma de Sinaloa (UAS), México* ●  
Fernanda Matrigani Mercado Gutierrez de Queiroz, *Universidade Federal da Bahia (UFBA), Brasil* ●,  
Francisco González García, *Universidad de Granada, España* ●  
Gorete Pereira, *Universidade da Madeira* ●  
Gregorio Jiménez Valverde, *Universidad de Barcelona, España* ●  
Ileana Leonor Farre, *Universidad del Chubut, Argentina* ●  
Iñigo Rodríguez Arteche, *Universidad de Alcalá de Henares, España* ●  
Irantzu Uriz, *Universidad Pública de Navarra, España* ●  
Isabel García Rodeja, *Universidad de Santiago de Compostela, España* ●  
Isabella Sozza, *Universidade de Santo Amaro, Brasil* ●  
Jairo Ortiz-Revilla, *Universidad de Burgos (UBU), España* ●  
Jordi Domènech-Casal, *Universidad Autónoma de Barcelona, España* ●  
Jorge Bonito, *Universidade de Evora, Portugal* ●  
José Alberto Gallardo López, *Universidad Pablo de Olavide (Sevilla, España)* ●  
José Cantó Domenech, *Universidad de Valencia, España* ●  
José Miguel Vilchez González, *Universidad de Granada, España* ●  
José Reyes Ruiz Gallardo, *Universidad de Castilla-La Mancha, España* ●  
Juan Carlos Rivadulla López, *Universidade da Coruña, España* ●  
Leticia Rodrigues da Fonseca, *Universidade Presbiteriana Mackenzie, Brasil* ●  
Marcos Pinaque Varela, *Universidad de Santiago de Compostela (USC), España* ●  
Marilyn Andrade Torales Campos, *Universidade Federal do Paraná (UFPR), Brasil* ●  
Marta Romero Ariza, *Universidad de Jaén (UJA), España* ●  
Miguel Escalona Reyes, *Universidad de Holguín (UHO), Cuba* ●  
Nádia Cristina Guimarães Errobidart, *Universidade Federal de Mato Grosso do Sul (UFMS), Brasil* ●  
Nerea Rodríguez Regueira, *Universidad de Santiago de Compostela (USC), España* ●  
Osmany Alfredo Carmentales Barrios, *Red Nacional Universitaria del MES, Cuba* ●  
Paola Andrea Dellepiane, *Pontificia Universidad Católica Argentina (UCA)* ●  
Pablo Ángel Meira Cartea, *Universidad de Santiago de Compostela (USC), España* ●  
Paulo Celso Ferrari, *Universidade Federal de Goiás (UFG), Brasil* ●  
Pilar Jiménez Tejada, *Universidad de Granada, España* ●  
Rafael Pérez Flores, *Universidad Autónoma Metropolitana, México* ●  
Ramón Bedolla Solano, *Universidad Autónoma de Guerrero (UAGro), México* ●  
Robson de Sousa Nascimento, *Universidade Federal da Paraíba (Brasil)* ●  
Rocío Vizcaino González, *Universidad Tecnológica de Pereira (UTP), Colombia* ●  
Rodrigo Otávio dos Santos, *Centro Universitário Internacional - UNINTER, Brasil* ●  
Rosario Mérida Serrano, *Universidad de Córdoba, España* ●  
Rubén Gutiérrez-Priego, *Universidad de Burgos (UBU), España* ●  
Susanna Tesconi, *Universidad Abierta de Cataluña, España* ●  
Thais de Sá Gomes Novaes, *Universidade Estadual do Norte do Paraná (UENP), Brasil* ●  
Verónica Guilarte Moreno, *Universidad de Granada (UGR), España* ●  
Waleska Aldana Segura, *Universidad de San Carlos de Guatemala* ●

### MONOGRÁFICO / MONOGRÁFICO

Educación científica. Nuevas metodologías para una sociedad cambiante

*Educación Científica. Nuevas metodologías para una sociedad cambiante*

**Coordinadores / Coordenadores:** F. Javier Perales y David Aguilera

## Sumario / Sumário

### Editorial

*F. Javier Perales y David Aguilera.* Presentación/ Apresentação ..... 9

### Monográfico

*Radu Bogdan Toma y Diego Armando Retana-Alvarado* Mejora de las concepciones de maestros en formación de la educación STEM .....15

*Antonio García-Carmona.* Reflexiones de estudiantes de profesorado de Física y Química sobre Naturaleza de la Tecnología en el contexto de la controversia Tesla-Edison.....35

*María José Vargas-Straube, Javiera Francisca Soto Quiroz e Evelyn Isla Paillamilla.* Aprendizaje de microbiología experimental en un formato virtual y en contexto de pandemia: una experiencia de implementación de actividades con la utilización de un set portátil en la formación de profesores de Biología y Ciencias Naturales.....49

*Carmen Roperio-Padilla, Miguel Rodríguez-Arrastia y Aida Sanahuja Ribés,* Aproximación a los estilos y estrategias de enseñanza del profesorado de la ESO y Bachillerato de ciencias experimentales y tecnología: un estudio de caso.....73

*Roberto Irineu da Silva, Luciana da Silva Goudinho, Agne de Albuquerque França Ribeiro, Jaderson Pires dos Santos Vasconcelos, Sérgio Crespo Coelho da Silva Pinto e Ruth Maria Mariani Braz.* Videoaulas acessíveis sobre a temática água como recurso didático-pedagógico para promoção da educação científica .....95

*Jefferson Silva Costa e Tereza Cristina Cavalcanti de Albuquerque.* Estamos sendo invadidos: discutindo sobre os conceitos científicos relacionados à pandemia de COVID-19 através da elaboração de memes .....115

*Lourdes Aragón, Susana Sánchez y Vanesa García Salado.* Sostener el discurso científico en aulas de 4 y 5 años: análisis de las intervenciones de docentes y alumnado y del conocimiento emergente en torno al huerto ecológico escolar.....135

*Anderson de Souza Moser, Daniele Saheb Pedroso e Adriana Massae Kataoka, Marília Andrade Torres-Campos.* A emergência climática no ensino de Ciências: os saberes necessários para uma proposta de trabalho pedagógico por meio da educomunicação científica .....155

*Javier Arabit-García, Pedro Antonio García-Tudela y Paz Prendes-Espinosa.* Uso de tecnologías avanzadas para la educación científica .....173

### Didáctica de la Matemática

*Gustavo Bentancor Biagas.* El Plan CEIBAL y el uso de tecnología digital con sentido pedagógico para la enseñanza de la Matemática. El caso de la Placa micro: bit.....195

### Recensiones

*Edwin Roger Esteban Rivera.* Investigar en la clase de ciencia.....219







## Presentación: Educación científica. Nuevas metodologías para una sociedad cambiante

### Apresentação: Educação Científica. Novas metodologias para uma sociedade em constante mudança

F. Javier Perales<sup>1</sup> 

David Aguilera<sup>1</sup> 

<sup>1</sup> Universidad de Granada (UGR), España

En el pasado mes de febrero, desde la *Revista Iberoamericana de Educación* se convocó un monográfico bajo el título de **Educación Científica. Nuevas metodologías para una sociedad cambiante**. A lo largo de los meses siguientes y hasta el cierre de aquél se ha venido recibiendo un volumen destacado de propuestas (un total de 54). En una primera fase se efectuó, por parte de los editores, un cribado de las mismas atendiendo a criterios como la alineación de la temática con los objetivos del monográfico descritos en la convocatoria aludida o la naturaleza y calidad de las mismas. Los artículos restantes fueron sometidos a un proceso de evaluación ciega por pares, como es la práctica habitual entre las revistas científicas. Todo ello con la perspectiva temporal de acortar lo máximo posible el intervalo entre la aprobación definitiva de las propuestas y la publicación efectiva, algo que seguramente agradecerán los autores y lectores de este monográfico. El resultado ha sido un número de artículos final que ha propiciado el que hayamos tenido que distribuirlos en dos monográficos consecutivos.

Una sociedad tan cambiante como la nuestra necesita de cambios (innovaciones) y adaptaciones en el ámbito educativo que permitan compaginar lo académico con las demandas sociales. Este primer monográfico estimamos que resulta representativo de la riqueza y diversidad de las propuestas recibidas que, a su vez, constituyen un muestrario de la pujanza de la comunidad de docentes e investigadores en su afán de

No último mês de fevereiro, a *Revista Ibero-americana de Educação* lançou uma convocatória para o número intitulado **Educação Científica. Novas metodologias para uma sociedade em transformação**. Durante os meses seguintes e até a data de encerramento, muitas propostas foram recebidas (um total de 54). Na primeira fase, os editores realizaram uma triagem de acordo com determinados critérios, como o alinhamento do tema com os objetivos da publicação descritos na chamada e a natureza e qualidade dos artigos. Os demais artigos foram submetidos a um processo de revisão cega por pares, como é prática comum entre as revistas científicas. Tudo isso foi feito visando a reduzir ao máximo o intervalo entre a aprovação definitiva das propostas e a sua publicação efetiva, algo pelo qual os autores e leitores certamente agradecerão. O resultado foi um número final de artigos, que nos levou a distribuí-los em dois volumes consecutivos.

Uma sociedade em constante transformação como a nossa precisa de mudanças (inovações) e adaptações no campo da educação que permitam combinar o mundo acadêmico com as demandas sociais. Acreditamos que este primeiro volume representa a riqueza e diversidade das propostas recebidas que, por sua vez, constituem uma amostra da força da comunidade de professores e pesquisadores no seu desejo de fazer do ensino de Ciências uma oferta atraente e eficiente para as novas gerações.

Entre os artigos que apresentamos, há estudos focados na formação de docentes. Por um lado, os professores Radu Bogdan

hacer de la enseñanza de las ciencias una oferta atractiva y eficiente para las nuevas generaciones.

Entre los artículos que presentamos encontrarán estudios centrados en la **formación del profesorado**. Por un lado, los profesores Radu Bogdan (Universidad de Burgos, España) y Diego Armando Retana (Universidad de Costa Rica, Costa Rica) atienden al conocimiento didáctico de futuros maestros. Por el otro, el profesor Antonio García-Carmona (Universidad de Sevilla, España) y la profesora María José Vargas-Straube junto a sus colaboradores (Universidad Alberto Hurtado, Chile) se ocupan del conocimiento científico-tecnológico de futuros profesores de ciencias.

- Mejora de las concepciones de maestros en formación de la educación STEM.
- Reflexiones de futuro profesorado de física y química sobre naturaleza de la tecnología en el contexto de la controversia Tesla-Edison.
- Aprendizaje de microbiología experimental en un formato virtual en contexto de pandemia: una experiencia de implementación de actividades con la utilización de un set portátil en la formación de profesores de Biología y Ciencias Naturales.

La profesora Carmen Roperó-Padilla y sus colegas (Universidad Jaume I, España) presentan un estudio cualitativo en el que participan profesores de ciencias en activo con el objetivo de analizar sus estilos y estrategias de enseñanza.

- Aproximación a los estilos y estrategias de enseñanza del profesorado de la ESO y Bachillerato de ciencias experimentales: un estudio de caso.

También hallarán **experiencias educativas** en el marco de la educación científica que adoptan enfoques y/o recursos didácticos innovadores como las presentadas por el profesor Roberto Irineu da Silva et al. (Colégio Pedro II; Universidade Federal Fluminense, Brasil); y Jefferson Silva-Costa

(Universidade de Burgos, Espanha) e Diego Armando Retana (Universidade da Costa Rica, Costa Rica) centram-se no conhecimento didático dos futuros professores. Por outro lado, o professor Antonio García-Carmona (Universidade de Sevilha, Espanha) e a professora María José Vargas-Straube e os seus colaboradores (Universidade Alberto Hurtado, Chile) abordam o conhecimento científico e tecnológico dos futuros professores de Ciências.

- Aperfeiçoamento dos conceitos dos professores em formação das áreas STEM.
- Reflexões dos estudantes de Licenciatura em Física e Química sobre a natureza da tecnologia no contexto da batalha das correntes Tesla vs. Edison.
- Aprendizagem de microbiologia experimental em formato virtual no contexto de pandemia: uma experiência de implementação de atividades com o uso de um laboratório portátil na formação de professores de Biologia e Ciências Naturais.

A professora Carmen Roperó-Padilla e colegas (Universidade Jaume I, Espanha) apresentam um estudo qualitativo envolvendo professores de Ciências em exercício, com o objetivo de analisar os seus estilos e estratégias de ensino.

- Aproximação aos estilos e estratégias de ensino de professores da Educação Secundária Obrigatória (ESO) e do Ensino Médio (*Bachillerato*) em Ciências Experimentais: um estudo de caso.

Também há **experiências educacionais** no âmbito da educação científica que adotam abordagens e/ou recursos didáticos inovadores, como as apresentadas pelo professor Roberto Irineu da Silva et al. (Colégio Pedro II; Universidade Federal Fluminense, Brasil); e Jefferson Silva-Costa e Tereza Cristina Cavalcanti (Universidade Federal de Alagoas, Brasil). Todas elas estão intimamente relacionadas às Tecnologias da Informação e Comunicação (TIC).

y Tereza Cristina Cavalcanti (Universidade Federal de Alagoas, Brasil). Todas ellas están estrechamente relacionadas con las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC).

- Videoaulas acessíveis sobre a temática água como recurso didático-pedagógico para promoção da educação científica.
- Estamos sendo invadidos. Discutindo sobre os conceitos científicos relacionados à pandemia de COVID-19 através da elaboração de memes.

La profesora Lourdes Aragón y sus colaboradoras (Universidad de Cádiz, España) centran sus miras en la etapa de **Educación Infantil**, olvidada habitual en la Didáctica de las Ciencias Experimentales. Así, presentan un estudio empírico sobre el análisis del discurso científico en alumnos y docentes de Educación Infantil, el cual fue diseñado a partir de una experiencia educativa basada en el huerto escolar como recurso didáctico.

- Sustener el discurso científico en aulas de 4 y 5 años: análisis de las intervenciones de docentes y alumnado y del conocimiento emergente en torno al huerto ecológico escolar.

Por último, desde una **perspectiva** más **teórica**, encontrarán las aportaciones del profesor Anderson Moser y sus colegas (Universidade Federal do Paraná, Brasil) y del profesor Javier Arabit y su equipo (Universidad de Murcia, España). Ambas valoran las oportunidades que puede ofrecer la Tecnología Educativa en la educación científica.

- A emergência climática no ensino de Ciências: os saberes necessários para uma proposta de trabalho pedagógico por meio da educomunicação científica.
- Uso de tecnologías avanzadas para la educación científica.

Reseñados los artículos incorporados en este primer monográfico, nos encontramos con **temáticas científicas** relativas a la Biología y la Física, además de otras transversales

- Videoaulas acessíveis sobre a temática da água como recurso didático-pedagógico para promoção da educação científica.
- Estamos sendo invadidos. Discutindo sobre os conceitos científicos relacionados à pandemia de COVID-19 através da elaboração de memes.

A profesora Lourdes Aragón e as suas colaboradoras (Universidade de Cádiz, Espanha) concentram a atenção na etapa da **Educação Infantil**, que normalmente é esquecida na Didática das Ciências Experimentais. Apresentam um estudo empírico sobre a análise do discurso científico de alunos e professores de Educação Infantil, elaborado a partir de uma experiência educacional baseada na horta escolar como um recurso didático.

- Sustentar o discurso científico em salas de aula de alunos de 4 e 5 anos: análise das intervenções de professores e alunos e dos conhecimentos emergentes sobre a horta da escola.

Finalmente, sob uma **perspectiva** mais **teórica**, apresentamos as contribuições do professor Anderson Moser e colegas (Universidade Federal do Paraná, Brasil) e do professor Javier Arabit e equipe (Universidade de Murcia, Espanha). Ambos destacam as oportunidades que a Tecnologia Educativa pode oferecer na educação científica.

- A emergência climática no ensino de Ciências: os saberes necessários para uma proposta de trabalho pedagógico por meio da educomunicação científica.
- Uso de tecnologías avanzadas para a educação científica.

Os artigos incluídos neste primeiro volume abordam temas científicos relativos à Biologia e à Física, assim como outros temas transversais como Emergência Climática, o COVID, a Horta Escolar e a Água. O público-alvo das pesquisas e inovações abrange desde alunos de Educação Infantil

como la Emergencia Climática, el COVID, el Huerto Ecológico y el Agua. Igualmente, los **destinatarios** de las investigaciones e innovaciones van desde escolares de Educación Infantil a docentes en formación o en activo. En cuanto a la naturaleza de los artículos ésta incluye, desde los enfoques cualitativos a los cuantitativos y mixtos. Encontrarán asimismo **metodologías** en torno al modelo aula invertida, la argumentación científica, la educomunicación o la educación inclusiva.

Confiamos en que, tanto este primer ejemplar del monográfico como el que se publicará más adelante, cumplan con los objetivos inicialmente planteados y sirvan de acicate para iniciar o consolidar propuestas de trabajo fundamentadas y novedosas, en el afán de implicar a los estudiantes y profesorado en el apasionante mundo del aprendizaje científico.

até professores em formação ou em exercício. Quanto à natureza dos artigos, varia de abordagens qualitativas a quantitativas e mistas. Há também metodologias em torno do modelo de sala de aula invertida, argumentação científica, educomunicação e educação inclusiva.

Acreditamos que tanto este primeiro exemplar da edição monográfica quanto o que será publicado posteriormente atingirão os objetivos inicialmente estabelecidos e servirão de estímulo para iniciar ou consolidar propostas de trabalho bem fundamentadas e inovadoras, desejando implicar estudantes e professores no apaixonante mundo do aprendizado científico.





## Mejora de las concepciones de maestros en formación de la educación STEM

Radu Bogdan Toma <sup>1</sup> 

Diego Armando Retana-Alvarado <sup>2</sup> 

<sup>1</sup> Universidad de Burgos (UBU), España; <sup>2</sup> Universidad de Costa Rica (UCR), Costa Rica.

**Resumen.** El creciente interés por el acrónimo STEM ha dado lugar a la coexistencia de diversas conceptualizaciones que desafían su comprensión. En la medida en que se pretenda que estas siglas –recientemente definidas como un enfoque educativo– supongan un avance significativo en la didáctica de las ciencias, resulta necesario mejorar la comprensión de los docentes sobre su significado. Este estudio presenta un programa de formación que tiene por objetivo tal esfuerzo, y presenta los resultados de su implementación con profesorado de ciencias costarricenses en formación inicial. Se ha identificado una multiplicidad de conceptualizaciones que han conformado seis modelos STEM distintos desde simplistas (p.ej. STEM como un mero acrónimo) hasta desarrollados y coherentes con las definiciones actuales (p.ej. STEM como la integración curricular de cuatro disciplinas). Al inicio del programa han predominado las conceptualizaciones de *STEM como cuatro disciplinas separadas* o *STEM como un acrónimo*. La intervención ha permitido avanzar en el abandono de estas conceptualizaciones simplistas. Sin embargo, se han detectado dificultades en el desarrollo de conceptualizaciones coherentes con las visiones actuales de la educación STEM (p.ej. *STEM como conexión o integración curricular de cuatro disciplinas*), lo que plantea dudas sobre la idoneidad de un enfoque STEM integrado.

**Palabras clave:** conceptualización; modelo educacional; educación intercultural; didáctica; formación de docentes; STEM.

### *Melhoria das concepções dos professores estagiários sobre a educação STEM*

**Resumo.** O crescente interesse pela sigla STEM levou à coexistência de diversas conceitualizações que desafiam a sua compreensão. Na medida em que esta sigla –recentemente definida como uma abordagem educacional – pretende representar um avanço significativo na didática das ciências, é necessário melhorar a compreensão dos professores sobre o seu significado. Este estudo apresenta um programa de formação visando esse esforço e os resultados da sua implementação junto aos professores de Ciências costarricenses na sua formação inicial. Identificou-se uma multiplicidade de conceitos que estabeleceram seis modelos diferentes de STEM, desde modelos simplistas (por exemplo, STEM como um mero acrónimo) até os desenvolvidos e consistentes com as definições atuais (por exemplo, STEM como a integração curricular de quatro disciplinas). No início do programa, predominaram as conceitualizações da STEM como quatro disciplinas separadas ou STEM como acrónimo. A intervenção conseguiu avançar no sentido de se afastar desses conceitos simplistas. No entanto, identificaram-se dificuldades no desenvolvimento de conceitos coerentes com a visão atual da educação STEM (por exemplo, STEM como uma conexão ou integração curricular de quatro disciplinas), levantando dúvidas sobre a idoneidade de uma abordagem integrada STEM.

**Palavras-chave:** conceitualização; modelo educacional; educação intercultural; didática; formação de professores; STEM.

### *Improving pre-service teachers' conceptions of STEM education*

**Abstract.** The growing interest for STEM acronym has resulted in diverse conceptualizations coexisting which challenge its understanding. As long as this acronym –recently defined as an educational approach– is intended to produce progress in science education, there is a need to improve teachers' understanding about its meaning. This study presents a professional development program that aims at such an endeavor, and presents the results of its implementation with Costa Rican pre-service science teachers. A myriad of different conceptualizations have been identified, resulting in a six different STEM models ranging from the simplest (e.g. STEM as a mere acronym) to more developed models consistent with current definitions (e.g. STEM as the curricular integration of four disciplines). At the start of the program, conceptualizations of STEM as four separate disciplines or STEM as an acronym prevailed. The intervention has led to progress in abandoning simplistic conceptualizations. However, difficulties have been identified in developing conceptualizations consistent with current views of STEM education (e.g. STEM as a connection or curricular integration of four disciplines) raising questions about the appropriateness of an integrated STEM approach.

**Keywords:** conceptualization; educational model; intercultural education; didactics; teacher training; STEM.

## 1. Introducción

El acrónimo STEM se ha convertido en objeto de atención internacional para las reformas curriculares de la enseñanza de las ciencias, la tecnología, la ingeniería y las matemáticas. Sin embargo, a medida que su uso ha traspasado la esfera política y se ha extendido en el panorama educativo, STEM se han empleado de forma imprecisa, dando lugar a una amplia variedad de definiciones (Margot y Kettler, 2019; Martín-Páez *et al.*, 2019). Por lo tanto, STEM se presenta principalmente con tres significados diferentes (Toma y García-Carmona, 2021): (i) como un acrónimo de origen político que demanda una mayor atención administrativa (en términos de financiación y mejora curricular) hacia las disciplinas que lo componen; (ii) como un eslogan para comercializar un amplio abanico de productos, tales como conferencias educativas, libros, o materiales didácticos varios; y (iii) más recientemente, STEM como un movimiento pedagógico que promueve un plan de estudios integrado o interdisciplinar, lo que se materializa como *educación STEM integrada* (Johnson *et al.*, 2016; Kelley y Knowles, 2016).

La educación STEM integrada también se ha definido de forma imprecisa, con concepciones diversas que varían desde la visión de STEM como una sola materia o disciplina hasta posturas que conciben STEM como un enfoque completamente transdisciplinar (Bybee, 2013; Ring *et al.*, 2017). De este modo, una de las definiciones más comunes de la educación STEM integrada es la de un enfoque que "(...) explora la enseñanza y el aprendizaje entre dos o más de las áreas temáticas STEM, y/o entre una materia STEM y una o más materias escolares" (Sanders, 2009, p. 21). Por lo tanto, esta perspectiva implica concebir las disciplinas STEM como una unidad que se ha de enseñar de manera integrada y cohesiva (Breiner *et al.*, 2012; Toma y Greca, 2018).

En este sentido, a nivel internacional, la educación STEM se suele traducir como el uso pedagógico del diseño ingenieril para explorar tecnologías y, de este modo, aplicar conocimientos matemáticos y científicos (Johnson *et al.*, 2016). Sin embargo, en el contexto español algunos autores conciben STEM como una amplia amalgama de enfoques y estrategias didácticas. Bajo la premisa de que "(...) lo honesto y lo práctico, más que intentar dotar a STEM de un significado didáctico o metodológico per se, sería considerar STEM todo lo que pueda sumar a la consecución de esos objetivos políticos" (Domènech-Casal, 2019, p. 157), STEM se define como "(...) distintos enfoques metodológicos, herramientas tecnológicas y perspectivas educativas precedentes o de nuevo cuño" (p. 157), o como "(...) una oportunidad de trabajar, de forma más o menos integrada, las formas de pensar, hacer hablar, valorar y ser propias del ámbito científico-tecnológico (Couso y Grimalt-Álvaro, 2020, p. 72). Así, se incluyen bajo el paraguas STEM desde la *impresión 3D* hasta abordajes como la perspectiva *Ciencia-Tecnología-Sociedad* (CTS), pasando por todo tipo de enfoques didácticos, tales como la *resolución de problemas*, la *indagación*, la *modelización*, el *design thinking*, el fenómeno *maker*, el *tinkering*, o el *pensamiento computacional*, entre muchos otros aspectos de difícil justificación (p.ej. Couso y Grimalt-Álvaro, 2020; Domènech-Casal, 2019).

En definitiva, se observa que una definición consensuada de la educación STEM permanece esquiva, lo que supone una primera barrera para la adopción de un enfoque de estas características. Diversas investigaciones han comprobado que el profesorado posee concepciones muy limitadas y diversas de aquello que constituye STEM (Margot y Kettler, 2019; Radloff y Guzey, 2016; Ring *et al.*, 2017). Dado que las concepciones docentes repercuten en las prácticas pedagógicas, es fundamental desarrollar programas de formación enfocados a superar conceptualizaciones erróneas sobre la educación STEM (Honey *et al.*, 2014; Roehrig y Luft, 2004). Sin ello, la probabilidad de que este enfoque se adopte de manera eficaz es escasa.

Por ello, el propósito de este estudio fue explorar las conceptualizaciones de un grupo de maestros costarricenses en formación inicial (MCFI en adelante) sobre la educación STEM antes y después de participar en un programa STEM de desarrollo profesional de seis semanas de duración, implementado de manera virtual por las restricciones provocadas por la pandemia de COVID-19. Se formularon dos preguntas de investigación:

- i ¿Cómo conceptualizan los MCFI la educación STEM?
- ii ¿De qué manera cambia la conceptualización de los MCFI después de participar en un programa STEM de formación inicial?

## 2. Métodos y materiales

### 2.1 Programa de formación

El programa de formación fue diseñado siguiendo recomendaciones contemporáneas (Capps *et al.*, 2012) con el objetivo de identificar y mejorar las concepciones de los docentes en formación sobre la educación STEM, y capacitarles en el uso de dos estrategias pedagógicas (indagación escolar y diseño ingenieril) para su implementación. El programa fue implementado en el marco de la asignatura FD0516 Ciencias en la Educación Primaria II, del segundo curso del Grado Bachillerato en Educación Primaria de la Universidad de Costa Rica. Esta asignatura de tres créditos (3 horas teóricas y 6 horas prácticas cada semana – 144h totales por semestre) facilita el desarrollo de un Conocimiento Didáctico del Contenido (CDC) sobre la materia y sus transformaciones mediante el abordaje de las ideas científicas clave, las representaciones del contenido, prácticas científicas y estrategias de evaluación que permiten superar obstáculos afectivos y cognitivos (p.ej. emociones negativas o ideas alternativas) en el aprendizaje de los contenidos establecidos en el programa de Ciencias del Ministerio de Educación Pública de Costa Rica. Dichos elementos curriculares se integran desde la metodología indagatoria, empleándose la plataforma Mediación Virtual como entorno digital de interacción entre el profesor y los estudiantes.

El programa se implementó de manera virtual debido a las medidas de confinamiento domiciliario derivadas de la pandemia del COVID-19, a razón de seis semanas con una sesión sincrónica (90 minutos) y tareas asincrónicas individuales y grupales (60-90 minutos) cada semana (Tabla 1)<sup>1</sup>. Específicamente, el programa se basó en el modelo de educación STEM propuesto por Toma (2020b), que define la educación

<sup>1</sup> Cabe resaltar que la intervención se diseñó considerando las limitaciones ocasionadas por el contexto COVID-19, en el que, por motivos logísticos, se redujo el número de horas prácticas semanales. Durante la intervención, los participantes no realizaron otras actividades docentes relacionadas con la asignatura más allá de las recogidas en la Tabla 1.

STEM como “ (...) un paradigma educativo dirigido a reducir intencionadamente las fronteras entre la Ciencia, la Tecnología, la Ingeniería y las Matemáticas, fomentando episodios holísticos de enseñanza y aprendizaje basados en auténticos problemas del mundo real, en los que se valora y reflexiona explícitamente sobre las similitudes, las diferencias y la relación entre los conceptos, los procedimientos y las habilidades de cada una de estas disciplinas (p. 13).

Este modelo se caracteriza por el planteamiento de una situación problemática curricularmente relevante y socialmente importante (p.ej. calidad del agua) cuya resolución requiere de dos fases: (i) aprendizaje de conocimientos científicos y desarrollo de habilidades científicas que permitan entender y abordar la situación problemática planteada, mediante distintas indagaciones (p.ej. parámetros físico-químicos de la calidad del agua); y (ii) aplicación de los conocimientos adquiridos al diseño, desarrollo, evaluación y mejora, empleando el proceso de diseño ingenieril, de un producto o proceso tecnológico que ayude a solucionar el problema formulado (p.ej. un filtro depurador de agua). A lo largo de ambas fases, se lleva a cabo una reflexión explícita y crítica sobre la forma en que operan las disciplinas STEM en la vida real para la resolución de problemas y el desarrollo de nuevos conocimientos. Un ejemplo detallado de este modelo, así como de su transposición didáctica puede consultarse en Toma (2020a).

Tabla 1. Programa de formación inicial

Sema- nas	Módu- los	Sesión sincrónica	Tareas asincrónicas
1 <sup>a</sup> sema- na	Introducción	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Reseña histórica al acrónimo STEM</li> <li>• Recogida de datos (pretest)</li> <li>• Introducción a STEM: tipos de enfoques STEM (Bybee, 2013)</li> <li>• Modelo pedagógico interdisciplinar (Toma, 2020b)</li> </ul>	Lectura y recensión crítica del artículo ¿Qué es STEM y STEAM (Couso y Grimalt-Álvarez, 2020)
2 <sup>a</sup> sema- na		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Definición indagación científica (Crawford, 2014)</li> <li>• El continuum de indagaciones (Martin-Hansen, 2002)</li> <li>• Fases de una indagación (Pedaste <i>et al.</i>, 2015)</li> <li>• Introducción indagación confirmatoria: “Rozamiento” <a href="https://bit.ly/3sLZUPH">https://bit.ly/3sLZUPH</a></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Lectura y recensión crítica del artículo La Indagación Científica: un concepto esquivo, pero necesario (Vergara y Cofré, 2012)</li> <li>• Desarrollo de la indagación “Rozamiento” de manera grupal</li> </ul>
3 <sup>a</sup> sema- na		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Presentación y puesta en común de la indagación “Rozamiento”</li> <li>• Introducción indagación estructurada: “Oxidación” <a href="https://bit.ly/3zjfnsF">https://bit.ly/3zjfnsF</a></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Desarrollo de la indagación “Oxidación” de manera grupal</li> </ul>
4 <sup>a</sup> sema- na		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Presentación y puesta en común de la indagación “Oxidación”</li> <li>• Introducción indagación guiada: “El almuerzo” <a href="https://bit.ly/3Bfcx8U">https://bit.ly/3Bfcx8U</a></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Desarrollo de la indagación “El almuerzo” de manera grupal</li> </ul>

Sema- nas	Módu- los	Sesión sincrónica	Tareas asincrónicas
5ª sema- na	Diseño ingenieril	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Presentación y puesta en común de la indagación “El almuerzo de Carlos”</li> <li>• Definición del Modelo de Diseño Ingenieril</li> <li>• Introducción reto ingenieril “Egg drop challenge”: <a href="https://bit.ly/3zlxLd">https://bit.ly/3zlxLd</a></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Desarrollo del reto ingenieril “Egg drop challenge” de manera grupal</li> </ul>
6ª sema- na	Unidad STEM	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Presentación y puesta en común del reto ingenieril “Egg drop challenge”</li> <li>• Ejemplificación de la unidad didáctica STEM de Toma (2020a) sobre los parámetros fisicoquímicos de la calidad del agua (indagación) y técnicas de separación de mezcla (reto ingenieril).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Diseño y desarrollo de una unidad didáctica STEM</li> </ul>
7ª sema- na	Unidad STEM	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Presentación y puesta en común de las unidades didácticas STEM diseñadas por el alumnado</li> <li>• Recogida de datos (posttest)</li> </ul>	

Fuente: elaboración propia.

De este modo, tres módulos distintos han constituido el programa de formación propuesto de esta investigación. En primer lugar, una introducción teórica al acrónimo STEM y a su transposición didáctica en la educación científica. A continuación, un módulo dedicado a aprender, diseñar y desarrollar un total de tres indagaciones escolares con distinto grado de andamiaje –confirmatoria, estructurada y guiada– según el continuum de Herron (1971) y Martin-Hansen (2002). Posteriormente, un módulo destinado a descubrir las fases del modelo de diseño ingenieril y a su uso de manera pedagógica mediante el diseño y desarrollo de un reto ingenieril fundamentado en Cunningham (2018). Finalmente, un módulo que establece conexiones entre las indagaciones y el reto ingenieril para conformar una unidad didáctica STEM. Durante la séptima semana, los participantes presentaron de manera virtual las unidades didácticas STEM que han debido diseñar. Este artículo se limita a explorar las concepciones de los MCFI sobre la educación STEM antes y después de la participación en el programa de formación. En trabajos futuros, se explorará la relación entre estas concepciones y su capacidad para diseñar unidades didácticas coherentes con la educación STEM integrada.

## 2.2 Muestra

Se conformó un muestreo de conveniencia a partir de 26 estudiantes matriculados. La gran mayoría de los participantes se identificaron con el sexo femenino (84.6%) y la edad media del grupo fue de 20.8 años ( $DE = 4.14$ ). En cuanto a su formación básica, 21 de los estudiantes cursaron un bachillerato de biología, y los 5 restantes un bachillerato de física. Por lo tanto, se puede considerar que todos los participantes poseen un adecuado nivel de conocimiento de contenido científico. Debido a las complicaciones causadas por la pandemia COVID-19, un participante ha fallado en enviar sus respuestas del pretest y tres participantes no han cumplimentado el posttest. Tras eliminar estos casos perdidos, la muestra válida para este estudio está compuesta por 22 estudiantes.

### 2.3 Instrumento

Se ha empleado el protocolo de elicitación propuesto por Ring *et al.*, (2017). Se pidió a los participantes que (i) representaran visualmente sus concepciones de la educación STEM mediante un dibujo (1. *Realiza un dibujo que represente tu conceptualización de la educación STEM*); (ii) explicaran y describieran su conceptualización (2. *Explica y describe con palabras tu conceptualización de la educación STEM*); y (iii) reflexionaran sobre cualquier experiencia que hubiera configurado su conceptualización (3. *¿Qué experiencias o conocimientos han influido en tu conceptualización de la educación STEM?*).

Este protocolo se administró durante la primera y la última sesión del programa de formación. En cuanto a la primera sesión, el protocolo fue administrado tras una breve reseña histórica del acrónimo STEM, basada en Toma y García-Carmona (2021) y Bybee (2013). Se tomaron precauciones para no proporcionar ninguna conceptualización, definición, o crítica de STEM, sino únicamente los orígenes de este acrónimo. Durante la segunda administración, se devolvieron los modelos iniciales a cada participante para su reflexión personal; seguidamente se les animó a reflexionar sobre su primer modelo y a volver a dibujar y describir su conceptualización, indicando si seguía siendo la misma o si, por el contrario, había cambiado. En cada administración del protocolo, se informó a los participantes que no existe una única respuesta válida.

### 2.4 Procedimiento y análisis

Las respuestas de los participantes se analizaron mediante una combinación de técnicas de análisis de contenido cualitativo *convencional* y *dirigido* (Hsieh y Shannon, 2005). En la primera iteración, dos investigadores utilizaron análisis de contenido convencional, evitando así la imposición de conceptualizaciones STEM procedentes de la literatura. El análisis comenzó con una inspección de cada protocolo para desarrollar una comprensión del conjunto de los datos. A continuación, se derivaron distintos códigos que capturaban ideas centrales sobre STEM. Este proceso iterativo dio lugar un listado inicial de distintos modelos de educación STEM. La respuesta de tres participantes aludía a más de un modelo de educación STEM, por lo que se ha categorizado en aquella conceptualización que predominaba tanto en la respuesta escrita como en la representación. En la segunda iteración, los investigadores utilizaron el enfoque dirigido de análisis de contenido. Todos los protocolos se volvieron a analizar a la luz de los modelos STEM propuestos por Bybee (2013), Ring *et al.* (2017), y Dare *et al.* (2019), resumidos en la Tabla 2. De esta manera, se conformó un continuum de educación STEM que se empleó para categorizar las respuestas de los participantes en seis conceptualizaciones o modelos distintos, desde muy restringidos (STEM como un acrónimo) hasta congruentes con las definiciones existentes en la literatura (STEM como integración de cuatro disciplinas). Se calculó la concordancia interevaluador, obteniéndose un porcentaje de acuerdo del 90% entre ambos investigadores. Las diferencias se resolvieron por consenso hasta alcanzar máximo acuerdo.

Tabla 2. Modelos STEM empleados durante el análisis de contenido dirigido

	Bybee (2013)	Ring <i>et al.</i> , (2017)	Dare <i>et al.</i> , (2019)
i	Ciencia o matemáticas	Disciplinas integradas	Acrónimo
ii	Ciencia y matemáticas	Ciencia como contexto	Resolución de problemas como contexto
iii	Ciencia que incorpora tecnología, ingeniería o matemáticas	Diseño ingenieril como contexto	Ciencia como contexto
iv	Disciplinas separadas	Ciencia y diseño ingenieril como contexto	Disciplinas separadas
v	Ciencias y matemáticas conectadas por tecnología o ingeniería	Resolución de problemas como contexto	Disciplinas integradas
vi	Coordinación entre disciplinas	Disciplinas separadas	Diseño ingenieril como contexto
vii	Combinación de dos o tres disciplinas	Acrónimo	Ciencia y diseño ingenieril como contexto
viii	Disciplinas integradas	Ingeniería como contexto	Ingeniería como contexto
xix	Programa o curso transdisciplinar	STEM y otras disciplinas	-----
x	-----	Trabajo en equipo	-----
xi	-----	Comunicación	-----

Fuente: elaboración propia.

### 3. Resultados

#### 3.1 ¿Cómo conceptualizan los MCFI la educación STEM?

En primer lugar, a partir del análisis de contenido cualitativo de los datos previos y posteriores al programa de formación, se han identificado un total de seis modelos de educación STEM, representados en la Figura 1 atendiendo al grado de integración disciplinar. Estos modelos representan las conceptualizaciones de los participantes en este estudio.

El modelo A concibe STEM como un mero acrónimo que se emplea para hacer referencia a las disciplinas de Ciencia, Tecnología, Ingeniería y Matemáticas, sin que haya mención explícita a su enseñanza y aprendizaje (Figura 2):

La educación STEM incorpora en el estudiantado la ciencia, tecnología, ingeniería y matemáticas. Esto ayuda que todos los niños y las niñas puedan entender todos los avances y aportes impulsados por cada una de las disciplinas ya mencionadas.



Figura 1. Modelos STEM derivados a partir del análisis de contenido cualitativo. Fuente: archivo de los autores.



Figura 2. Ejemplo de representaciones categorizadas como el modelo A de educación STEM.

Fuente: archivo de los autores.

El modelo B representa STEM como una única disciplina, generalmente la científica. Según esta conceptualización, STEM es sinónimo de enseñanza de las ciencias, con referencias explícitas a innovaciones didácticas (Figura 3):

“La educación STEM es una tendencia educativa en la que se integran muchos conceptos educativos como el constructivismo y el conectivismo.”

“La educación STEM es la implementación de diferentes metodologías en el aula. Esto con el fin de que todos los estudiantes desarrollen habilidades científico-tecnológicas.”

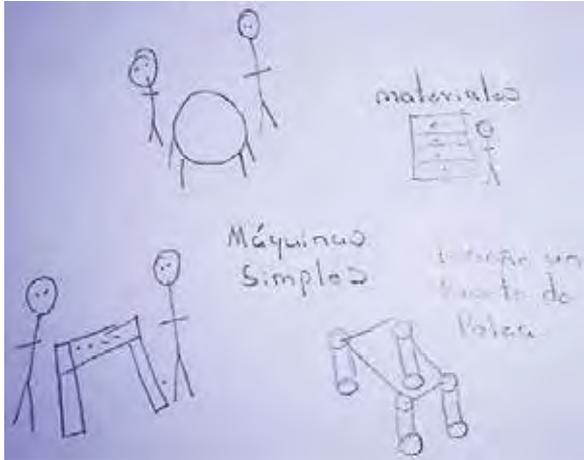


Figura 3. Ejemplo de representación categorizada como el modelo B de educación STEM.

Fuente: archivo de los autores.

El modelo C representa STEM como la enseñanza de las cuatro disciplinas que componen el acrónimo, si bien de manera disciplinar y separada. En estas representaciones las cuatro disciplinas están compartimentadas, no existiendo mención explícita a la integración disciplinar, pero en la que sí se representan los contenidos y se hace referencia a cada disciplina STEM (Figura 4):

“Es la enseñanza de las diversas disciplinas donde se utilizan diversos materiales.”

“Es la incorporación de las C, T, I, M para provocar un aprendizaje más significativo y para que los estudiantes puedan ampliar y construir su conocimiento.”

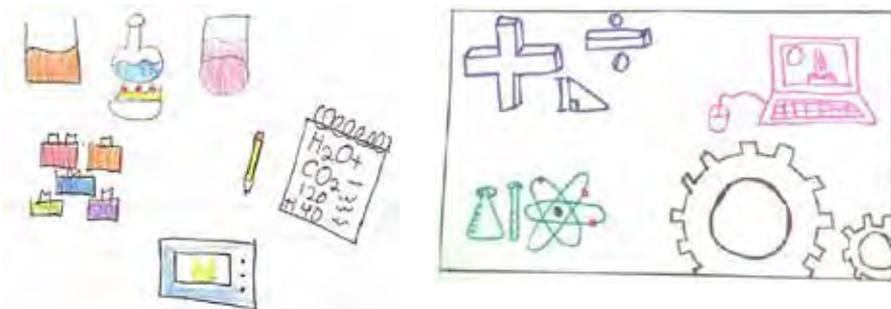


Figura 4. Ejemplo de representaciones categorizadas como el modelo C de educación STEM

Fuente: archivo de los autores.

El modelo D concibe STEM como la resolución de problemas como principal foco didáctico para la formación de los estudiantes. En esta conceptualización, se representa parte de las disciplinas STEM y se menciona la importancia de hacer que el contenido STEM sea relevante para los estudiantes y les ayude en la resolución de problemas reales (Figura 5):

“Consiste en partir de problemas esenciales que surgen en el contexto en el que estamos insertos, para que los estudiantes puedan apropiarse de ellos y buscar soluciones de una manera crítica y responsable.”

“Es usar la ciencia y otras disciplinas para solucionar problemas que se presentan en la realidad cercana de los niños y niñas. El dibujo representa un problema de contaminación de una fuente de agua y los estudiantes indagando al respecto. En una parte del dibujo, recolectan el agua de la laguna y en otra la estudian por medio de la tecnología y la ciencia.”

“Incluye varias disciplinas para buscar solución a situaciones problemáticas cercanas al estudiante. Existen varias estructuras y formas de aplicar STEM dentro del aula, ya que las Ciencias pueden verse como una sola disciplina o puede incluirse varias áreas de saber.”

“Los estudiantes pueden desarrollar el conocimiento científico desde las experiencias producidas en las diferentes situaciones que se planteen en el aula.”



Figura 5. Ejemplo de representaciones categorizadas como el modelo D de educación STEM

Fuente: archivo de los autores.

El modelo E equivale a la enseñanza y el aprendizaje de una disciplina principal, generalmente la científica, incorporando aspectos de tecnología, ingeniería y/o matemáticas cuando sea pertinente. Esta conceptualización establece conexiones entre al menos dos disciplinas, sin embargo, no puede considerarse una integración dado que las disciplinas objeto de estudio no poseen el mismo estatus e importancia. En otras palabras, la T, E y M del acrónimo se emplean como un soporte para aprender la S (Figura 6):

“Para mi STEM es una forma de explicar la asignatura de Ciencias, por medio de la tecnología.”

“Es una educación diversificada, donde desde una misma línea se utilizan varias ramas de la ciencia para dar un conocimiento bien armado, si bien es cierto que muchas veces solo se utilizan una de las ramas y no todas.”

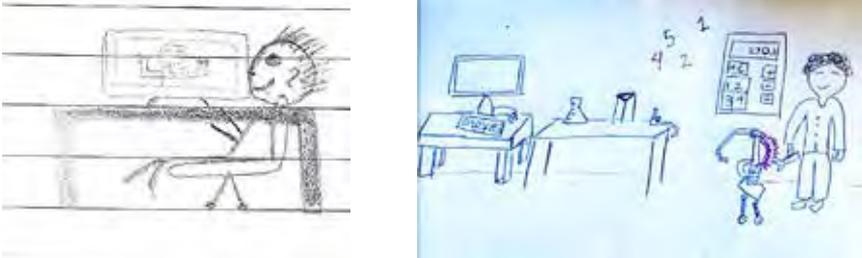


Figura 6. Ejemplo de representaciones categorizadas como el modelo E de educación STEM

Fuente: archivo de los autores.

Finalmente, el modelo F recoge aquellas conceptualizaciones que visualizan la educación STEM como la integración de las disciplinas. Estas conceptualizaciones representaban la confluencia entre las disciplinas STEM y sus contenidos, y aluden al uso de enfoques inter o transdisciplinares para establecer dicha integración (Figura 7):

“STEM es una enseñanza integrada que involucra varias asignaturas. Es verlo como un todo. Abandona el modelo tradicional y va más allá utilizando elementos más dinámicos. Busca fomentar habilidades, donde el niño tiene un papel importante y es quien dirige el proceso de enseñanza-aprendizaje. Considero que se busca generar un aprendizaje significativo.”

“STEM en educación es el desarrollo de un conocimiento transversal en el que los contenidos de cada una de las ramas de ciencias, tecnología, ingeniería, y matemática trabajan de manera integrada y garantizan un aprendizaje contextualizado y significativo.”

“Considero que es una educación sumamente integral, con una metodología innovadora en donde el estudiante es el actor de su propio aprendizaje, los docentes en este caso le dan un andamiaje con el fin de aclarar dudas y siempre acompañarlos en el proceso. En las lecciones se logra integrar la ciencia, la tecnología, la ingeniería y las matemáticas.”

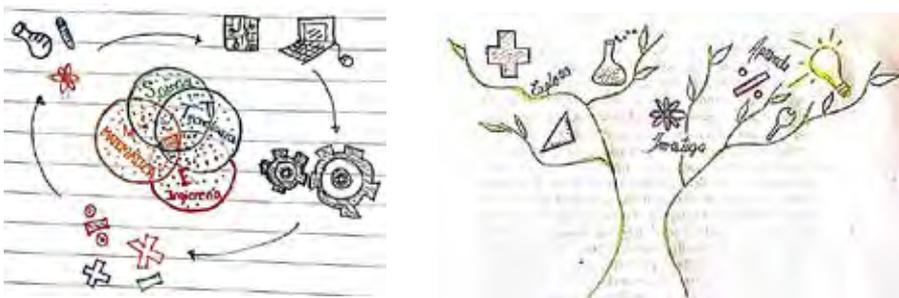


Figura 7. Ejemplo de representaciones categorizadas como el modelo F de educación STEM

Fuente: archivo de los autores.

En cuanto a las experiencias que hayan podido influir en su conceptualización de STEM, todos los participantes han referido a una visita a un centro escolar, realizada durante el primer curso del Grado, en la que han podido observar de qué manera los docentes transponen didácticamente el enfoque educativo STEM:

“Las experiencias que he tenido han sido recorridos por escuelas que utilizan STEM dentro de sus metodologías de enseñanza. Durante estos recorridos observé los proyectos que estudian y realizan.”

“En mi experiencia con la educación STEM fue la visita a una escuela que trabajaba con este sistema, en la cual se le otorgan roles a los niños para realizar trabajos de investigación que integraban ingeniería al tener que crear proyectos con materiales reciclados, matemáticas, ya que se debían hacer diferentes cálculos e incluso se involucraba la letra “A” de arte STEAM.”

“Yo no conocía esta forma de trabajo hasta mi primer año de universidad en donde tuve la oportunidad de visitar dos centros escolares en donde se utilizaba.”

“La visita de centros educativos en el curso de Pedagogía y Tecnología I me dejó ver el cómo se trabaja este modelo con los chicos de Primaria.”

Asimismo, una minoría mencionó haber estudiado durante Educación Primaria con este modelo educativo, la influencia de lecturas y su profesorado, o el haber participado en eventos:

“Yo salí del colegio Isaac Martin, el cual en mis últimos años de colegio se basó en esta metodología, lo que me permitió conocer mejor la forma en la que se lleva a cabo.”

“Probablemente de las lecturas y algunos comentarios de profesores de varios cursos.”

“La visita a centros educativos. Otra experiencia es ser asistente de un docente en las Olimpiadas Nacionales de Robótica.”

### 3.2 ¿De qué manera cambia la conceptualización de los MCFI después de participar en un programa de formación inicial interdisciplinar?

Una vez identificadas las conceptualizaciones sobre la educación STEM, se ha realizado un segundo análisis de las respuestas para categorizar todas las fuentes de datos en alguno de los seis modelos descritos anteriormente. La Tabla 3 recoge esta categorización del pretest y posttest.

Tabla 3. Concepciones de los MCFI sobre STEM

Modelos STEM	Pretest		Posttest	
	n	%	n	%
Modelo A – Acrónimo	5	22.7	0	0
Modelo B – Una disciplina	2	9.1	0	0
Modelo C – Disciplinas separadas	8	36.4	8	36.4
Modelo D – Relevancia	1	4.5	5	22.7
Modelo E – Conexión	0	0	4	18.2
Modelo F – Integración	6	27.3	5	22.7

Fuente: elaboración propia.

Se observa que antes del programa de formación, predominaron las conceptualizaciones que refieren a STEM como cuatro disciplinas separadas entre las que no hay conexión ni integración (modelo C, 36.4%). En segundo lugar, un 27.3% representaron STEM como la integración de las cuatro disciplinas, siendo esta una de las conceptualizaciones más consensuadas actualmente en la literatura (modelo F, 27.3%). Asimismo, cabe destacar un porcentaje relativamente alto de concepciones que reconocen STEM como un mero acrónimo (modelo A, 22.7%). En términos generales, sumando las conceptualizaciones simplistas (modelos A, B, y C), se observa que un 68.2% de los participantes no conciben STEM de una manera adecuada ni coherente con las actuales definiciones que refieren a la conexión o integración curricular.

Tras la participación en el programa de formación, se han identificado cambios en las conceptualizaciones de los MCFI. En este sentido, cabe resaltar que ninguno de los participantes siguió conceptualizando STEM como un mero acrónimo (modelo A) o como una única disciplina (modelo B). El número de MCFI que han conceptualizado STEM como cuatro disciplinas separadas o compartimentadas se mantuvo (modelo C, 36.4%). Sin embargo, aumentaron notablemente las conceptualizaciones de STEM como un enfoque innovador que se basa en la resolución de problemas para aumentar la relevancia del currículo escolar para el alumnado (modelo D, 22.7%), así como las conceptualizaciones que refieren a STEM como la enseñanza y el aprendizaje de las Ciencias mediante el uso de otras disciplinas (modelo E, 18.2%). Todos los participantes han referido al curso de formación como la principal fuente de experiencia que han influido en su conceptualización de STEM durante el posttest:

“Creo que para mi conceptualización de STEM, la combinación de elementos teóricos como prácticos ha sido fundamental. Ha sido un proceso de construcción largo que estoy segura de que aún no acaba.”

“Creo que uno de los aspectos que más han influido en la conceptualización que tenía sobre STEM han sido las experiencias que hemos tenido a lo largo del curso, como en la realización de distintos experimentos que se pueden realizar para abarcar ciertos temas en educación primaria.”

“Las experiencias obtenidas en el curso. Por ejemplo: la realización de un proyecto ingenieril ya que nunca había hecho uno. También la realización de un paracaídas casero.”

Un análisis pormenorizado de los cambios en las concepciones de los MCFI (Figuras 8 y 9), revela que las conceptualizaciones de STEM como integración disciplinar (modelo F) no son fruto del programa de formación. Al contrario, parecería que los MCFI ya poseían dicha conceptualización inicialmente. Asimismo, se observa que las conceptualizaciones más propensas a ser modificadas son aquellas de un nivel más bajo (modelo A y B), si bien no han alcanzado niveles coherentes con la conceptualización de STEM de la literatura especializada (esto es, STEM como conexión o integración: modelos E y F). Finalmente, se observa que las conceptualizaciones de STEM como disciplinas compartimentadas (modelo C) son las más difíciles de cambiar. De los 8 participantes con esta conceptualización al inicio del programa, apenas tres de ellos han modificado su concepción, pasando a un modelo de conexiones entre Ciencia y otras disciplinas (modelo E – participantes 9 y 12) o a un modelo que destaca la relevancia de las disciplinas mediante la resolución de problemas (modelo D – participante 22).

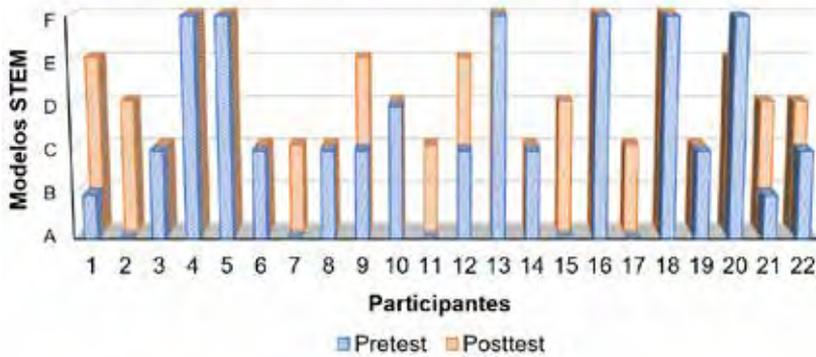


Figura 8. Concepciones sobre STEM durante el pretest y el posttest  
Fuente: elaboración propia.

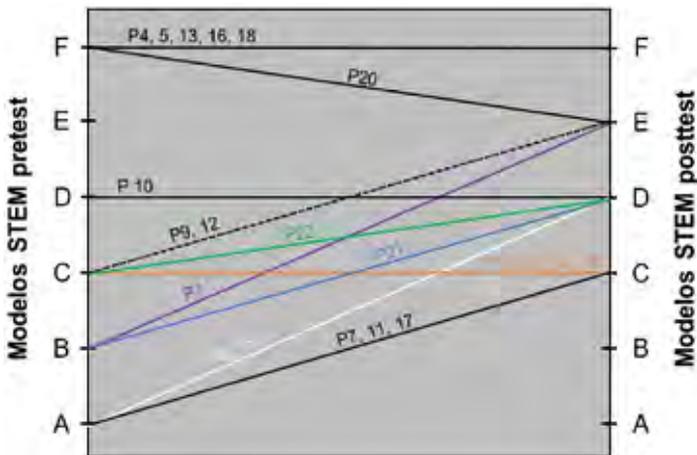


Figura 9. Cambio en las concepciones sobre STEM  
Nota: P = participantes. Fuente: elaboración propia.

#### 4. Discusión

La presente investigación tuvo por objeto identificar la forma en que un grupo de MCFI costarricenses conceptualizan la educación STEM y determinar en qué medida cambian sus conceptualizaciones tras la participación en un programa STEM de formación inicial. Los hallazgos revelan que los participantes de este estudio conceptualizan la educación STEM de manera muy distinta, lo que constituye un total de seis modelos que varían desde los más sencillos y limitados (STEM como (i) un acrónimo, (ii) una disciplina, generalmente, la científica, (iii) cuatro disciplinas compartimentadas) hasta modelos más complejos y consistentes con las definiciones recientes de STEM propuestas en la literatura especializada (STEM como (iv) resolución de problemas, (v) conexión entre ciencias y otras disciplinas, e (vi) integración de las cuatro disciplinas). Estos resultados son esperables, habida cuenta de la gran cantidad de definiciones y

conceptualizaciones que coexisten en el ámbito educativo (Toma y García-Carmona, 2021). Asimismo, algunos de estos modelos coinciden con los identificados en estudios anteriores con maestros en formación inicial y docentes en activo (Çiftçi *et al.*, 2020; Radloff y Guzey, 2016; Ring *et al.*, 2017). Por otro lado, cabe destacar que el modelo E (conexión entre disciplinas) recuerdan a otros esfuerzos educativos, como el movimiento CTS que establece la relación entre la ciencia, el desarrollo tecnológico, y su impacto en los fenómenos sociales, y viceversa (Perales y Aguilera, 2020).

La gran mayoría de los MCFI revelaron conceptualizaciones muy simples y poco desarrolladas al inicio del programa de formación. Estos resultados concuerdan con la falta de consenso en la literatura acerca de qué es STEM, cómo se ha de conceptualizar teóricamente, y cómo ha de ser su implementación (Toma y García-Carmona, 2021). Cabe señalar que estos hallazgos coinciden con las visualizaciones teóricas sobre STEM de Bybee (2013), así como con las visiones identificadas en estudios previos. Así, Ring *et al.* (2017) y Dare *et al.* (2019) encontraron que las conceptualizaciones sobre STEM que predominan son las que refieren a STEM como un acrónimo o STEM como disciplinas separadas. Por otro lado, estos hallazgos difieren de los reportados por Radloff y Guzey (2016), que encontraron visiones más consistentes con conceptualizaciones conectadas o integradas en una muestra de docentes en formación inicial; si bien, estas diferencias podrían deberse a la diferencia entre los protocolos de recolección de datos, mucho más guiado en el caso de Radloff y Guzey (2016)<sup>2</sup>.

Por otro lado, cabe destacar que, a pesar de las alusiones de los MCFI a visitas a centros escolares que trabajan con el enfoque STEM, lecturas de bibliografía STEM o inclusive haber participado en eventos STEM, no es de extrañar el predominio de conceptualizaciones simplistas, habida cuenta de que STEM constituye una “moda educativa” y que su uso en el ámbito educativo es abusivo y, a menudo, como un eslogan para atraer financiación o hacer propaganda de iniciativas y materiales educativo antiguos, rebautizados ahora como STEM (Toma y García-Carmona, 2021).

Al finalizar el programa de formación, las conceptualizaciones de los MCFI avanzaron hacia modelos más complejos (por ejemplo, modelo D). Sin embargo, ninguno de los MCFI con conceptualizaciones simplistas, esto es, STEM como un acrónimo, ha logrado avanzar hacia una conceptualización que aluda al establecimiento de conexiones entre disciplinas o la integración de estas. Del mismo modo, el número de MCFI que mantuvieron una conceptualización de STEM como cuatro disciplinas compartimentadas (modelo C) se mantuvo similar después de la intervención. Por lo tanto, se observan tres tendencias principales. En primer lugar, las conceptualizaciones iniciales más susceptibles al cambio son las pertenecientes a STEM como un acrónimo (modelo A). Así, los participantes transitan de esta conceptualización a STEM como disciplinas separadas (modelo C) o STEM como relevancia (modelo D). Por otro lado, las visiones de STEM como disciplinas separadas (modelo C), que corresponde con la acepción original del acrónimo STEM acuñada a principios de la década de los años 90 (Toma y García-Carmona, 2021), parecerían ser las más difíciles de modificar; siendo que estos resultados no concuerdan con estudios pasados (p.ej. Ring *et al.*, 2017).

<sup>2</sup> En su protocolo, se identifican preguntas que aluden a STEM como un método de instrucción, a la conexión entre las disciplinas STEM, o a la instrucción guiada de “Dibuja un diagrama de cómo lo visualizas utilizando las letras S-T-E-M, así como de cómo están conectadas” (preguntas 8, 9 y 11; p. 773, énfasis añadido).

Finalmente, la visión de STEM como relevancia (modelo D) parecería ser la más fácil de interiorizar por docentes en formación inicial tras su participación en el programa de formación propuesto. En otras palabras, la intervención ha resultado útil en resaltar la necesidad de hacer que el contenido STEM sea relevante para los estudiantes y útil para la resolución de problemas cotidianos; sin embargo, no ha conseguido transmitir la conceptualización de que dicha relevancia se podría fomentar, según concepciones contemporáneas de STEM (p.ej. Johnson *et al.*, 2016; Kelley y Knowles, 2016; Martín-Páez *et al.*, 2019) technology, engineering, and mathematics (STEM, mediante la conexión y/o integración de las cuatro disciplinas que componen el acrónimo.

Por otro lado, aunque varios MCFI poseían una visión de STEM coherente con las definiciones contemporáneas (modelo F), cabe reflexionar en qué medida dichas conceptualizaciones realmente reflejan las características de un enfoque STEM interdisciplinar auténtico. En este sentido, es probable que, aunque algunos MCFI concibieran STEM como la integración de cuatro disciplinas, esta conceptualización resultara menos informada si se hubiera profundizado en la manera en la que éstos conciben la tecnología, la ingeniería, o la forma en la que se han de integrar estas disciplinas. Este aspecto, no abordado en esta investigación, justifica la realización de futuros estudios que profundicen en las conceptualizaciones de STEM por parte de los educadores, solicitando ejemplos específicos de cada modelo (p.ej. ¿Qué significa integrar cuatro disciplinas? ¿De qué manera se concibe la tecnología? ¿Qué es la ingeniería y cómo se emplea en niveles elementales del sistema educativo?). Por lo tanto, estos resultados ofrecen un apoyo parcial a la afirmación de que las conceptualizaciones de STEM pueden ser fácilmente modificadas a través de programas de desarrollo profesional (cf. Herro y Quigley, 2017; Ring *et al.*, 2017).

Estos resultados poseen importantes implicaciones. A nivel de investigación, refuerzan las demandas por alcanzar un consenso sobre cómo definir STEM y de qué manera transponerlo a la práctica educativa, al mismo tiempo que arrojan dudas sobre la idoneidad de un enfoque de estas características dada su difícil conceptualización y concreción educativa (García-Carmona, 2020; Toma y García-Carmona, 2021). Por otro lado, en tanto se pretenda que el enfoque STEM suponga una mejora de las prácticas pedagógicas del futuro profesorado de ciencias, los hallazgos de este estudio destacan la importancia de abordar durante su formación inicial sus modelos mentales de la educación STEM, estableciendo espacios de reflexión y de práctica educativa que permitan reconsiderar sus conceptualizaciones. Este aspecto, cuya consecución resulta no poco difícil, tal y como se muestra en esta investigación, resulta fundamental si se desea fomentar que los docentes en formación inicial adopten un enfoque STEM integrado durante su labor docente futura. Por lo tanto, es importante diagnosticar la diversidad de conceptualizaciones existentes y desarrollar medidas educativas enfocadas a enriquecerlas con modelos STEM más completos, tales como la integración de las cuatro disciplinas que componen dicho acrónimo. De lo contrario, STEM difícilmente supondrá una mejora de la educación científica y continuará siendo un marco deficitario para la renovación pedagógica en la didáctica de las ciencias experimentales (Zeidler, 2016).

#### 4.1 Limitaciones

Los resultados de esta investigación deben interpretarse a la luz de las siguientes dos limitaciones. En primer lugar, el contexto de la intervención, así como el tamaño muestral limitan la generalización de estos resultados. Específicamente, el programa de formación inicial se implementó de manera virtual mediante sesiones sincrónicas y asincrónicas, debido a la pandemia del COVID-19 y las medidas de confinamiento domiciliario. Este aspecto limitó claramente la interacción profesorado-alumnado y alumnado-alumnado, especialmente durante las sesiones de indagación y diseño ingenieril. Asimismo, el contexto COVID-19 afectó al tiempo dedicado durante el programa a cada una de las fases del modelo STEM por motivos de disponibilidad de recursos. El modelo adoptado, basado en Toma (2020b), otorga la misma prioridad a la primera (aprendizaje de conocimientos mediante indagaciones escolares) y segunda fase (aplicación de conocimientos mediante retos de diseño ingenieril). Sin embargo, en el presente estudio se dedicaron más sesiones a la primera fase a que las experiencias propuestas requerían de menos recursos y materiales que los retos de diseño ingenieril.

No obstante, estos resultados sí han permitido identificar conceptualizaciones en población costarricense que concuerdan con la literatura internacional, y resaltar algunos patrones relacionados con la dificultad de modificar dichas conceptualizaciones, especialmente las que al inicio de la intervención fueron muy simples y poco desarrolladas. La segunda limitación está relacionada con las respuestas escritas del protocolo de elicitación. De este modo, si bien la categorización de las representaciones resultó operativa, alcanzándose un alto acuerdo interevaluador, una minoría de las respuestas escritas de los MCFI podrían reflejar varias categorías. Por ejemplo, la primera parte de la siguiente respuesta parecería aludir al modelo D de STEM (relevancia), sin embargo, la segunda parte se relaciona indudablemente con el modelo F (integración): “Considero que es una educación sumamente integral, con una metodología innovadora en donde el estudiante es el actor de su propio aprendizaje, los docentes en este caso le dan un andamiaje con el fin de aclarar dudas y siempre acompañarlos en el proceso. En las lecciones se logra integrar la ciencia, la tecnología, la ingeniería y las matemáticas.” Este aspecto podría señalar que, aunque el discurso común sobre STEM se haya interiorizado (p.ej. STEM como integración disciplinar), la operativización de dicha conceptualización sea aún muy simplista, lo que subraya las dudas de su viabilidad (Toma y García-Carmona, 2021).

#### Agradecimientos

Al alumnado matriculado en la asignatura FD0516 Ciencias en la Educación Primaria II de la Facultad de Educación de la Universidad de Costa Rica, por su compromiso y participación en el programa de formación a pesar de las complicadas circunstancias causadas por la pandemia del COVID-19.

## Referencias

- Breiner, J. M., Harkness, S. S., Johnson, C. C. & Koehler, C. M. (2012). What is STEM? A discussion about conceptions of STEM in education and partnerships. *School Science and Mathematics*, 112(1), 3-11. <https://doi.org/10.1111/j.1949-8594.2011.00109.x>
- Bybee, R. W. (2013). *The case for STEM education. Challenges and opportunities*. NSTA press.
- Capps, D. K., Crawford, B. A. & Constan, M. A. (2012). A review of empirical literature on inquiry professional development: Alignment with best practices and a critique of the findings. *Journal of Science Teacher Education*, 23(3), 291-318. <https://doi.org/10.1007/s10972-012-9275-2>
- Çiftçi, A., Topçu, M. S. & Foulk, J. A. (2020). Pre-service early childhood teachers' views on STEM education and their STEM teaching practices. *Research in Science and Technological Education*, 00(00), 1-27. <https://doi.org/10.1080/02635143.2020.1784125>
- Couso, D. y Grimalt-Álvaro, C. (2020). ¿Qué es STEM y STEAM y por qué ponerse a ello? *Aula de Innovación Educativa*, 290, 71-72.
- Crawford, B. A. (2014). From inquiry to scientific practices in the science classroom. In N. G. Lederman & S. K. Abell (Eds.), *Handbook of research on science education, Volume II* (pp. 515-541). Routledge.
- Cunningham, C. M. (2018). *Engineering in elementary STEM education: Curriculum design, instruction, learning, and assessment*. Teachers College Press and Museum of Science Driveway.
- Dare, E. A., Ring-Whalen, E. A. & Roehrig, G. H. (2019). Creating a continuum of STEM models: Exploring how K-12 science teachers conceptualize STEM education. *International Journal of Science Education*, 41(12), 1701-1720. <https://doi.org/10.1080/09500693.2019.1638531>
- Domènech-Casal, J. (2019). STEM: Oportunidades y retos desde la Enseñanza de las Ciencias. *Universitas Tarraconensis. Revista de Ciències de l'Educació*, 1(2), 154. <https://doi.org/10.17345/ute.2019.2.2646>
- García-Carmona, A. (2020). STEAM, ¿una nueva distracción para la enseñanza de la ciencia? *Ápice. Revista de Educación Científica*, 4(2), 35-50. <https://doi.org/10.17979/arec.2020.4.2.6533>
- Herro, D. & Quigley, C. (2017). Exploring teachers' perceptions of STEAM teaching through professional development: implications for teacher educators. *Professional Development in Education*, 43(3), 416-438. <https://doi.org/10.1080/19415257.2016.1205507>
- Herron, M. D. (1971). The nature of scientific enquiry. *The School Review*, 79(2), 171-212. <http://link.springer.com/10.1057/9781137389831>
- Honey, M., Pearson, C. & Schweingruber, A. (2014). *STEM integration in K-12 education: Status, prospects, and an agenda for research*. The National Academies Press.
- Hsieh, H.-F. & Shannon, S. E. (2005). Three Approaches to Qualitative Content Analysis. *Qualitative Health Research*, 15(9), 1277-1288. <https://doi.org/10.1177/1049732305276687>
- Johnson, C. C., Peters-Burton, E. E. & Moore, T. J. (2016). *STEM road map: A framework for integrated STEM education*. Routledge Taylor & Francis Group.
- Kelley, T. R. & Knowles, J. G. (2016). A conceptual framework for integrated STEM education. *International Journal of STEM Education*, 3(11), 1-11. <https://doi.org/10.1186/s40594-016-0046-z>
- Margot, K. C. & Kettler, T. (2019). Teachers' perception of STEM integration and education: a systematic literature review. *International Journal of STEM Education*, 6(1). <https://doi.org/10.1186/s40594-018-0151-2>
- Martin-Hansen, L. (2002). Defining inquiry. *The Science Teacher*, 69(2), 34-37.
- Martín-Páez, T., Aguilera, D., Perales-Palacios, F. J. & Vilchez-González, J. M. (2019). What are we talking about when we talk about STEM education? A review of literature. *Science Education*, 103(4), 799-822. <https://doi.org/10.1002/sce.21522>
- Pedaste, M., Mäeots, M., Siiman, L. A., de Jong, T., van Riesen, S. A. N., Kamp, E. T., Manoli, C. C., Zacharia, Z. C. & Tsourlidaki, E. (2015). Phases of inquiry-based learning: Definitions and the inquiry cycle. *Educational Research Review*, 14, 47-61. <https://doi.org/10.1016/j.edurev.2015.02.003>

- Perales, F. J. y Aguilera, D. (2020). Ciencia-Tecnología-Sociedad vs. STEM: ¿evolución, revolución o disyunción? *Ápice. Revista de Educación Científica*, 4(1), 1-15. <https://doi.org/10.17979/arec.2020.4.1.5826>
- Radloff, J. & Guzey, S. (2016). Investigating Preservice STEM Teacher Conceptions of STEM Education. *Journal of Science Education and Technology*, 25(5), 759-774. <https://doi.org/10.1007/s10956-016-9633-5>
- Ring, E. A., Dare, E. A., Crotty, E. A. & Roehrig, G. H. (2017). The evolution of teacher conceptions of STEM education throughout an intensive professional development experience. *Journal of Science Teacher Education*, 28(5), 444-467. <https://doi.org/10.1080/1046560X.2017.1356671>
- Roehrig, G. H. & Luft, J. A. (2004). Constraints experienced by beginning secondary science teachers in implementing scientific inquiry lessons. *International Journal of Science Education*, 26(1), 3-24. <https://doi.org/10.1080/0950069022000070261>
- Sanders, M. (2009). STEM, STEM education, STEM mania. *Technology Teacher*, 68(4), 20-26.
- Toma, R. B. (2020a). *Integrando la programación computacional en el enfoque STEM: un ejemplo sobre la calidad del agua [Integrating computational programming into the STEM approach: an example on water quality]* (I. M. Greca & J. Á. Meneses-Villagrà (eds.)). Dextra Editorial S.L.
- Toma, R. B. (2020b). *STEM education in elementary grades: Design of an effective framework for improving attitudes towards school science*. University of Burgos.
- Toma, R. B. & García-Carmona, A. (2021). «De STEM nos gusta todo menos STEM». Análisis crítico de una tendencia educativa de moda. *Enseñanza de Las Ciencias. Revista de Investigación y Experiencias Didácticas*, 39(1), 65.
- Toma, R. B. & Greca, I. M. (2018). The effect of integrative STEM instruction on elementary students' attitudes toward science. *EURASIA Journal of Mathematics, Science & Technology Education*, 14(4), 1383-1395. <https://doi.org/10.29333/ejmste/83676>
- Vergara, C. y Cofré, H. (2012). La Indagación Científica: Un concepto esquivo, pero necesario. *Revista Chilena de Educación Científica*, 11(1), 30-38.
- Zeidler, D. L. (2016). STEM education: A deficit framework for the twenty first century? A sociocultural socioscientific response. *Cultural Studies of Science Education*, 11(1), 11-26. <https://doi.org/10.1007/s11422-014-9578-z>

#### Cómo citar en APA:

Toma, R. B. y Retana-Alvarado, D. A. (2021). Mejora de las concepciones de maestros en formación de la educación STEM. *Revista Iberoamericana de Educación*, 87(1), 15-33. <https://doi.org/10.35362/rie8714538>



## Reflexiones de estudiantes de profesorado de Física y Química sobre Naturaleza de la Tecnología en el contexto de la controversia Tesla-Edison

Antonio García-Carmona   
Universidad de Sevilla (US), España

**Resumen.** Una comprensión informada de la Naturaleza de la Tecnología debería formar parte de la alfabetización científica básica de la ciudadanía. Esto implica que, más allá de los propósitos educativos propios del área curricular de Tecnología, la educación científica tendría que plantear también entre sus objetivos conocer los rasgos más característicos de la Tecnología como sistema, incluyendo sus relaciones con la Ciencia. Conscientes de ello, se llevó a cabo una experiencia educativa para promover la comprensión de nociones básicas de Naturaleza de la Tecnología en la formación inicial del profesorado de Ciencia. Para tal propósito, se diseñó una actividad consistente en la lectura de la controversia histórica entre Tesla y Edison sobre la corriente eléctrica, y la reflexión sobre algunas cuestiones de Naturaleza de la Tecnología visibles en esta. Participaron en el estudio 16 estudiantes de profesorado de la especialidad de Física y Química de Educación Secundaria, que conformaban un grupo-clase natural. Los resultados revelan una progresión moderada de la comprensión de los estudiantes sobre los aspectos tratados, si bien suponen una novedad importante en esta línea de investigación. Se finaliza con las limitaciones e implicaciones del estudio realizado.

**Palabras clave:** alfabetización científica; formación inicial del profesorado; historia de la tecnología; naturaleza de la tecnología

### *Reflexões dos estudantes de Licenciatura em Física e Química sobre a Natureza da Tecnologia no contexto da controvérsia Tesla vs. Edison*

**Resumo.** Uma compreensão informada da Natureza da Tecnologia deve fazer parte da alfabetização científica básica dos cidadãos. Isto implica que, para além dos propósitos educacionais da área curricular da Tecnologia, a educação científica também deve contemplar entre os seus objetivos o conhecimento dos aspectos mais característicos da Tecnologia como um sistema, incluindo as relações com a Ciência. Conscientes disso, realizou-se uma experiência pedagógica para promover a compreensão das noções básicas sobre a Natureza da Tecnologia na formação inicial dos professores de Ciências. Para este fim, criou-se uma atividade que consiste na leitura da batalha histórica entre Tesla e Edison sobre corrente elétrica, e na reflexão sobre algumas das questões da Natureza da Tecnologia visíveis nesta controvérsia. Participaram do estudo 16 alunos de Licenciatura em Física e Química. Os resultados revelam uma progressão moderada na compreensão dos aspectos tratados pelos estudantes, embora representem uma importante novidade nesta linha de pesquisa. Conclui com as limitações e implicações do estudo realizado.

**Palavras-chave:** alfabetização científica; formação inicial de professores; história da tecnologia; natureza da tecnologia.

### *Physics and Chemistry teacher students' reflections about Nature of Technology in the context of the Tesla-Edison controversy*

**Abstract.** An informed understanding of the Nature of Technology should be part of the basic scientific literacy of citizenship. This suggests that, beyond the own educational goals of the curricular area of Technology, science education would also have to set goals aimed at knowing the more characteristic features of Technology as a system, including its relationships with science. Consequently, an educational experience was conducted in order to promote the understanding of basic notions on Nature of Technology in initial science teacher education. To this end, an activity was designed consisting of reading the historical controversy between Tesla and Edison about electric current, and reflecting on some Nature of Technology questions, which are visible in this. A natural class-group of 16 Physics and Chemistry teacher students of Secondary Education participated in the study. The results reveal the students experimented a moderate progression in their understandings on the aspects of Nature of Technology addressed. Even so, the study constitutes an important novelty in this line of research. The limitations and implications of the study are commented finally.

**Keywords:** History of Technology; Nature of Technology; Scientific literacy; Initial teacher education

## 1. Introducción

Desde hace años se viene reivindicando la comprensión de nociones básicas sobre Tecnología como parte esencial de una adecuada alfabetización científica para la ciudadanía (Acevedo-Díaz, 1998; Cajas, 2001; Criado y García-Carmona, 2011; Maiztegui *et al.*, 2002). Esto no solo debe traducirse en disponer de un área curricular específica de Tecnología, que ya existe. Se trata también de establecer conexiones entre la Ciencia y la Tecnología para enriquecer, en este caso, la educación científica. Como Maiztegui *et al.* (2002) sostienen, “la inclusión de la Tecnología en la educación científica constituye un paso más, imprescindible, hacia la conformación de unas nuevas humanidades que incorporen saberes científicos y tecnológicos como parte sustancial de la cultura” (p. 149).

Más recientemente, en los estándares nacionales para la enseñanza de la Ciencia en Estados Unidos (National Research Council, 2012), se dice que:

(...) una educación científica que se concentre predominantemente en los productos del trabajo científico (...) que ignore las muchas aplicaciones importantes de la Ciencia en el mundo, tergiversa la Ciencia y margina la importancia de la Ingeniería.<sup>1</sup> (...) los estudiantes deben aprender cómo se utiliza la Ciencia, en particular a través del proceso de diseño ingenieril, y deben llegar a apreciar las distinciones y relaciones entre Ingeniería, Tecnología y aplicaciones de la Ciencia. (p. 201; traducción propia)

Asimismo, en el marco de PISA, el concepto de competencia científica integra un conocimiento básico sobre las diferencias y relaciones entre Ciencia y Tecnología (Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos [OCDE], 2017, p. 93). De igual modo, en el preámbulo del currículo de Física y Química para la Educación Secundaria Obligatoria (Ministerio de Educación, 2015), se habla explícitamente de la necesidad de promover aprendizajes contextualizados en las relaciones entre la Ciencia, la Tecnología y la Sociedad (CTS).

Aun así, como ya denunciaron Maiztegui *et al.* (2002) hace casi 20 años, la Tecnología sigue siendo una “dimensión olvidada” en la educación científica que habitualmente se desarrolla en las aulas. O bien, malinterpretada en movimientos educativos recientes como STEM, en los que la Tecnología se suele identificar simplemente con el uso de herramientas TIC en los procesos de enseñanza/aprendizaje de la Ciencia (García-Carmona, 2020). Por tanto, se hace necesario que el profesorado de Ciencia adquiriera una conceptualización apropiada del significado de Tecnología; o lo que es igual, una comprensión informada de la Naturaleza de la Tecnología (NDT) (Acevedo-Díaz y García-Carmona, 2016; Waight y Abd-El-Khalick, 2012).

Las pocas investigaciones realizadas sobre concepciones de NDT con estudiantes (*e.g.*, DiGironimo, 2011; García-Carmona, 2006), con profesorado (*e.g.*, Acevedo-Díaz, Vázquez-Alonso, Manassero-Mas y Acevedo-Romero, 2005; Ferreira-Gauchía, Vilches y Gil-Pérez, 2011) o con ambos colectivos conjuntamente (*e.g.*, Acevedo-Díaz, Vázquez-Alonso, Manassero-Mas y Acevedo-Romero, 2003), revelan que estos tienen, en general, una imagen empobrecida o poco informada sobre la Tecnología. Por ejemplo, se suele asimilar la Tecnología como “Ciencia aplicada”; que la existencia de

<sup>1</sup> En este trabajo, la Ingeniería se concibe como la parte de la Tecnología dedicada a la construcción de artefactos (Raynaud, 2018).

la Tecnología es una consecuencia de la Ciencia, o que la Tecnología tiene un menor estatus que la Ciencia por ser considerada una “actividad práctica” frente al “desempeño intelectual” de la Ciencia. También es frecuente que se identifique la Tecnología solo con los instrumentos, o con los avances tecnológicos modernos, obviando así su desarrollo histórico y complejidad.

Aparte de esos estudios diagnósticos, no conocemos trabajos orientados específicamente a mejorar la comprensión de aspectos básicos de NDT desde la educación científica. Por tanto, conscientes de esta necesidad y de que, quizá, un primer paso para mejorar tal situación de la NDT en la educación científica sea impulsarla en la formación inicial del profesorado de Ciencia, decidimos llevar a cabo el presente estudio. Se trata de una investigación para evaluar la eficacia de una experiencia educativa enfocada a promover algunos aprendizajes sobre NDT; en este caso, con estudiantes de profesorado de Física y Química de Educación Secundaria (en adelante, EPFQ). Se utiliza como contexto, para ello, un relato de Historia de la Tecnología potencialmente útil para reflexionar sobre NDT: la controversia entre Tesla y Edison sobre la corriente eléctrica (Acevedo-Díaz y García-Carmona, 2016).

Las cuestiones de investigación en las que se concreta el estudio son las siguientes:

1. ¿Qué concepciones iniciales muestran los EPFQ sobre los componentes característicos de la Tecnología como sistema, así como sobre las similitudes y diferencias entre Ciencia y Tecnología, tras una primera lectura de la controversia?
2. ¿Qué progresiones se observan tras la puesta en común y discusión de esas concepciones iniciales de los EPFQ sobre los aspectos de NDT tratados?

## 2. Marco teórico

La Tecnología es difícil de definir al tratarse de una disciplina del saber compleja y multifacética (Raynaud, 2018). Para Kline (1985), la Tecnología puede referirse a: (i) el conjunto de productos artificiales fabricados por las personas (herramientas, instrumentos, máquinas, artefactos y todo tipo de sistemas); (ii) los conocimientos técnicos, metodologías, capacidades y destrezas necesarias para poder diseñar y realizar las tareas productivas (*know-how*); (iii) los recursos humanos y materiales del sistema sociotécnico de producción; y (iv) el sistema sociotécnico necesario para el uso y mantenimiento de los productos fabricados, que incluye también los aspectos legales.

De las perspectivas anteriores, las dos primeras suelen ser las más reconocidas, pero las dos últimas, que tienen que ver con la dimensión organizativa y el entramado social de la Tecnología, suelen ser poco identificadas. Si bien, una conceptualización más actualizada de la NDT trata de promover una visión de la Tecnología holística; esto es, que, junto a explicar sus fundamentos epistemológicos y ontológicos, deberían atenderse también los rasgos del trabajo de las comunidades de tecnólogos como grupos sociales y las interacciones CTS (Acevedo-Díaz y García-Carmona, 2016).

En esta línea, Waight y Abd-El-Khalick (2012) apuntan que la Tecnología puede ser caracterizada por un proceso complejo que: (i) ejemplifica el artefacto, la actividad asociada al mismo y el proceso que lo genera; (ii) resalta la complejidad del diseño,

el desarrollo y la implementación de la innovación; (iii) ilustra las interacciones entre la Tecnología y los ámbitos políticos, económicos y culturales; (iv) revela los beneficios y obstáculos intencionales y no intencionales; y, lo más importante, (v) interroga críticamente las complejidades de la innovación y cómo estas se manifiestan en diferentes contextos.

Además de ello, Acevedo-Díaz y García-Carmona (2016) añaden que, de la misma forma que sucede con las comunidades de científicos, las comunidades de tecnólogos tienen sus propios ámbitos de problemas, teorías, métodos, procedimientos y técnicas. Los tecnólogos adaptan conocimiento científico a su peculiar modo de hacer, junto a otros conocimientos tácitos de carácter técnico, así como tradiciones basadas en la experiencia acumulada y prácticas empresariales.

Es importante señalar también que, aunque la Ciencia y la Tecnología son ontológicamente diferentes, sus influencias mutuas son palpables (Acevedo-Díaz, 2006). La Tecnología se ha ido haciendo cada vez 'más científica' porque ha ido incorporando a su quehacer conocimientos provistos por la Ciencia y metodologías de investigación y desarrollo más sistemáticas. Una perspectiva que, obviamente, no debe llevar a identificar ingenuamente Tecnología con "Ciencia aplicada" (Maiztegui *et al.* 2002; Valdés, Valdés, Guisasola y Santos, 2002). De manera similar, la Tecnología juega un papel esencial en el desarrollo científico; y no solo porque propicia instrumentos para la investigación científica, sino porque, en muchos casos, permite también "generar fenómenos" para su estudio en Ciencia. Como señalan Valdés, Valdés, Guisasola y Santos (2002),

(...) el primer circuito eléctrico construido por Volta, la desviación de una aguja magnética debido a una corriente eléctrica (experimento de Oersted) y el fenómeno de la inducción electromagnética (experimentos de Faraday), bases sobre las cuales se erigió el electromagnetismo, resultaron fenómenos que, más que *estudiados por medio* de determinada instrumentación [tecnológica], fueron «originados mediante ella», y, por tanto, correspondieron a «un "mundo" creado por el hombre». (p. 116; corchetes añadidos)

Asimismo, tanto la Ciencia como la Tecnología comparten numerosos problemas de investigación en los que, con frecuencia, las dos disciplinas suelen alcanzar estados de hibridación tales que resulta difícil distinguir cuál es el papel o aportación de cada una. En estos casos suele hablarse de Tecnociencia (Echevarría, 2005).

Un buen modo de introducir nociones de NDT en las clases de Ciencia y Tecnología es mediante el análisis reflexivo de algunos pasajes de la Historia de la Tecnología (Acevedo-Díaz, 2010; Acevedo-Díaz y García-Carmona, 2016). Este recurso permite contextualizar de forma explícita algunos aspectos de NDT; por ejemplo, aquellos referidos a la manera en que los ingenieros y tecnólogos afrontan su actividad. Asimismo, puede ser útil para ilustrar diversas cuestiones epistemológicas, ontológicas, axiológicas y sociológicas vinculadas a la Tecnología, situando así el contenido en un contexto humano, social y cultural.

### 3. Metodología

#### 3.1 Participantes

La actividad se implementó con 16 EPFQ (6 hombres y 10 mujeres; rango de edades = 22-32 años; promedio = 25.9 años; SD = 3.1 años), con titulaciones universitarias en Biotecnología (1), Ciencias Físicas (3), Ciencias Químicas (9), Ingeniería (1) y Ciencias Ambientales (2). Los EPFQ cursaban la asignatura de *Aprendizaje y Enseñanza de las materias de Física y Química* (6 créditos), correspondiente al Máster de Profesorado en Educación Secundaria, impartido por la Universidad de Sevilla. Se trataba de un grupo-clase natural al que se tuvo acceso en el momento de llevar a cabo la experiencia educativa (muestra de conveniencia). Para la implementación de la actividad, los EPFQ se organizaron en grupos pequeños de trabajo de 2 o 3 miembros, hasta conformar un total de 6 grupos (G1,..., G6).

#### 3.2 Descripción de la actividad y su implementación

La actividad consistió en la lectura reflexiva de un relato sobre la controversia histórica entre Tesla y Edison sobre la corriente eléctrica, a fin de discutir sobre algunas cuestiones de NDT. El relato se expone completamente en otro trabajo (Acevedo y García-Carmona, 2016). En síntesis, el relato (i) permite reflexionar sobre el papel de los agentes sociales, individuales y colectivos en el desarrollo de la controversia; (ii) ayuda a dar una visión de la Tecnología como un sistema complejo que incluye numerosos componentes característicos, que van desde los instrumentos, recursos, métodos, organización, etc. hasta los estéticos, sociales, políticos, económicos, ambientales, etc.; (iii) favorece una discusión acerca de las relaciones entre Ciencia y Tecnología; y (iv) pone de relieve los valores de la Tecnología (racionalidad técnica, beneficio económico, etc.).

La actividad fue implementada en tres fases:

- *Fase I: Lectura de la controversia y respuestas a las cuestiones.* Sin instrucción previa, los EPFQ respondieron en grupo a las cuestiones de la tabla 1.<sup>2</sup> El formador del profesorado animó a cada grupo para que sus respuestas fueran resultado de una discusión y consenso entre todos los miembros. Los grupos debían registrar sus respuestas iniciales en un informe. Esta primera fase, que se realizó en una sesión de clase de 2 horas, permitió diagnosticar las ideas iniciales de los futuros docentes sobre los aspectos de NDT tratados.

**Tabla 1.** Cuestiones para la reflexión sobre NDT en el contexto de la controversia Tesla-Edison.

1. De acuerdo con lo que has leído, ¿qué componentes crees que caracterizan mejor a la Tecnología como sistema? Intenta elaborar con ellos una definición de Tecnología.
2. Tras la lectura de la controversia, ¿qué similitudes y diferencias establecerías entre la Ciencia y la Tecnología?

Fuente: elaboración propia.

<sup>2</sup> Estas dos cuestiones forman parte de un conjunto más amplio de preguntas para reflexionar sobre NDT, planteadas en Acevedo-Díaz y García-Carmona (2016).

- *Fase II: Discusión en clase de las respuestas iniciales de los grupos a las cuestiones.* Tras responder a las cuestiones planteadas, los grupos compartieron y discutieron sus opiniones en una sesión de clase de 1.5 horas aproximadamente. El formador moderó la discusión entre los grupos e introdujo aclaraciones, explicaciones, cuestiones adicionales, etc. para enriquecerla todo lo posible. Cuando los EPFQ exponían ideas poco informadas sobre NDT, el formador procuraba crear un conflicto cognitivo para que reconsideraran sus argumentos iniciales. La intención era que los grupos llegaran a conclusiones comunes sobre los distintos aspectos de NDT abordados, aunque sin adoctrinamientos.
- *Fase III: Conclusiones de los grupos tras la sesión de puesta en común.* Después de la discusión entre los grupos sobre las cuestiones de NDT formuladas, cada grupo debía revisar sus respuestas iniciales tratando de mejorar sus argumentos originales. Para ello contaron con una semana de plazo. Las respuestas finales, surgidas de esta última revisión, fueron registradas por los grupos en sus informes, junto con las respuestas iniciales.

### 3.3 Análisis de la información

Las respuestas de los grupos a las cuestiones de NDT se analizaron mediante la rúbrica de la tabla 2. Esta fue elaborada por el autor con la colaboración de un colega investigador, a partir de un análisis preliminar e inductivo de las respuestas de los grupos (Mayring, 2000), y de acuerdo con el marco teórico expuesto. La rúbrica consta de 5 niveles de progresión (niveles de 0 a 4) para cada aspecto de NDT analizado. El nivel máximo (nivel 4) corresponde a las respuestas más completas, de acuerdo con el nivel deseable para una comprensión básica de los aspectos de NDT aludidos en la narración del caso. La categorización de las respuestas va decreciendo de nivel, según lo incompletas que estas sean, hasta llegar al nivel más bajo (nivel 0), donde se encuentran las inadecuadas o que no se refieren a ninguno de los rasgos indicados en el nivel 4.

Tabla 2. Rúbrica de evaluación de las respuestas.

#### 1. De acuerdo con lo que has leído, ¿qué componentes crees que caracterizan mejor a la Tecnología como sistema? Intenta elaborar con ellos una definición de Tecnología.

##### Niveles de respuestas

- Nivel 4 (máximo): Se define la Tecnología como un sistema complejo, orientado a resolver ciertos problemas, que integra componentes de diversa naturaleza, citando, al menos, 6 de los siguientes:
  - (i) Instrumentos y artefactos técnicos.
  - (ii) Recursos naturales y artificiales.
  - (iii) Destrezas y habilidades técnicas (know-how).
  - (iv) Conocimientos científicos.
  - (v) Procesos de producción (empresas industriales).
  - (vi) Financiación (entidades bancarias).
  - (vii) Control y mantenimiento (servicios públicos).
  - (viii) Valores (e.g., sostenibilidad, bienestar) y acuerdos sociales.
  - (ix) Decisiones políticas, legales y administrativas (e.g., permisos de concesión y leyes reguladoras).
  - (x) Preferencias culturales y estéticas.
  - (xi) Innovación.

- Nivel 3: Se define la Tecnología de manera similar a la del nivel 4, citando 4 o 5 de los componentes indicados en el nivel 4.
- Nivel 2: Se define la Tecnología de manera similar a la del nivel 3, citando 3 de los componentes indicados en el nivel 4.
- Nivel 1: Se definen la Tecnología de manera similar a la del nivel 3, citando 1 o 2 de los componentes indicados en el nivel 4.
- Nivel 0: No se define Tecnología ni se cita ninguno de los componentes indicados en el nivel 4.

## 2. Tras la lectura de la controversia, ¿qué similitudes y diferencias establecerías entre la Ciencia y la Tecnología?

### *Niveles de respuesta*

- Nivel 4 (máximo): Se identifican, al menos, 3 similitudes y 3 diferencias de entre las que se indican a continuación:

#### *Similitudes:*

- Tanto la Ciencia como la Tecnología están en permanente desarrollo.
- La Ciencia y la Tecnología emplean métodos sistemáticos en su construcción y desarrollo.
- La creatividad y la imaginación juegan un papel esencial en el desarrollo de la Ciencia y de la Tecnología.
- Tanto la Ciencia como la Tecnología generan conocimientos sobre aspectos mensurables, que se validan empíricamente.
- La Ciencia y la Tecnología abordan muchos problemas comunes, siendo la contribución de ambas difícil de diferenciar en estos casos (e.g., Tecnociencia).
- La Ciencia y la Tecnología requieren de apoyo político y financiero en su desarrollo.

#### *Diferencias:*

- La Ciencia busca explicar fenómenos de la naturaleza, mientras que la Tecnología trata de elaborar productos (máquinas, artefactos, aplicaciones, etc.) que resuelvan problemas, o bien que satisfagan o creen necesidades sociales.
  - El conocimiento tecnológico tiene una finalidad práctica, mientras que el conocimiento científico no necesariamente.
  - El conocimiento científico se caracteriza por tener una estructura lógico-formal, mientras que el tecnológico incluye también aspectos prácticos no necesariamente regidos por una estructura lógica.
  - En el desarrollo tecnológico se emplea a menudo una metodología de ensayo y error para depurar el producto final. Esto no suele suceder en la Ciencia.
  - El desarrollo científico suele presentarse sobre todo en publicaciones (artículos, libros, etc.), y el desarrollo tecnológico en patentes de modo preferente.
- Nivel 3: Se identifican 2 similitudes y 2 diferencias de las indicadas en el nivel 4.
  - Nivel 2: Se identifican, 1 similitud y 1 diferencia de las indicadas en el nivel 4.
  - Nivel 1: Se identifican solo similitudes o solo diferencias, de las indicadas en el nivel 4, pero no ambas a la vez.
  - Nivel 0: No se identifican similitudes o diferencias, de las indicadas en el nivel 4, o bien estas son inadecuadas.

Fuente: elaboración propia.

Una vez elaborada la rúbrica, la categorización de las respuestas de los grupos se hizo combinando métodos de análisis inter- e intra-evaluadores de manera iterativa. El autor y su colega analizaron las respuestas por separado para luego confrontar sus categorizaciones. En esta primera fase del análisis, los investigadores mostraron coincidencias en la categorización de 17 de las 24 respuestas. Los casos en los que se encontraron discrepancias fueron sometidos de nuevo a revisión y discusión por

parte de ambos investigadores. Fruto de ello se logró la categorización de 22 de las 24 respuestas. Aproximadamente 3 meses después, el autor volvió a revisar toda la categorización y resolvió la de las dos respuestas pendientes, teniendo en cuenta el marco teórico y lo discutido en torno a ellas con su colega. De este modo se consiguió la categorización definitiva de todas las respuestas de los grupos.

## 4. Resultados

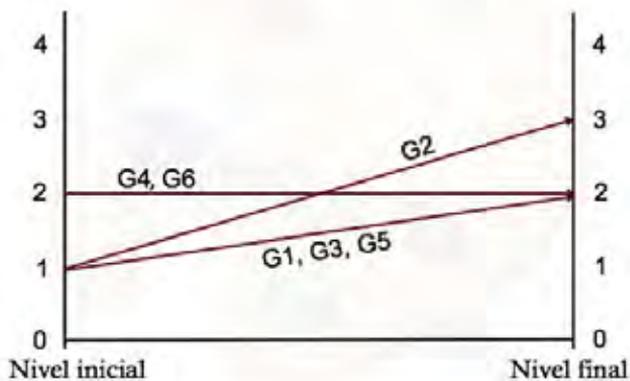
### 4.1 Componentes que caracterizan la Tecnología como sistema

Tras la lectura de la controversia, los grupos mostraron en sus respuestas iniciales un grado de comprensión ubicada entre los niveles 1 y 2 (figura 1). De acuerdo con la rúbrica de evaluación, las respuestas se caracterizaron por una referencia limitada a componentes característicos de la Tecnología como sistema. Los componentes más citados fueron los *instrumentos y artefactos técnicos*, y los *valores y acuerdos sociales ligados a la Tecnología* (4 de 6 grupos en ambos casos), seguido de *destrezas y habilidades técnicas* (3 de 6 grupos), *conocimientos científicos* (2 de 6 grupos) e *innovación* (2 de 6 grupos). Por tanto, 6 de los 11 componentes de la Tecnología señalados en la rúbrica (*recursos naturales y artificiales, procesos de producción, financiación, etc.*) no fueron mencionados. Los que siguen son dos ejemplos de respuestas situadas en los niveles 1 y 2 respectivamente:

G1: La Tecnología se caracteriza por diferentes factores: viabilidad económica y técnica, repercusión social y sostenibilidad. [...] se puede ver [en el relato de la controversia] cómo el desarrollo de la corriente continua era más caro, peligroso y con altas pérdidas de energía eléctrica por el efecto Joule. [...]. (Nivel 1; corchetes añadidos)

G3: [La Tecnología] modifica nuestras condiciones de vida, intentando dar respuesta a nuestras necesidades. Dependiendo del uso que se haga de ella, puede ser muy beneficiosa o perjudicial; está en continuo desarrollo, facilita la realización de una actividad, [e] innova y busca ser práctica. [La Tecnología] es el producto de las actividades humanas que buscan facilitar la realización de cualquier labor mediante el desarrollo de artificios. (Nivel 2; corchetes añadidos)

Figura 1. Progresión de las concepciones de los grupos de EPFQ con respecto a los componentes que caracterizan a la Tecnología como sistema.



Fuente: elaboración propia.

Durante la puesta en común, los grupos discutieron sus respuestas. El papel del formador de los EPFQ se limitó a animar el debate, moderarlo y reconducirlo cuando fue necesario; si bien, no trató de corregir ni matizar ninguna de las respuestas o posiciones expuestas, a fin de que fueran los propios EPFQ quienes repensaran sus respuestas tras la discusión en clase.

Cuatro de los seis grupos mostraron alguna progresión en sus respuestas. No obstante, ninguno alcanzó el nivel 4 (máximo) y solo uno (G2) se situó en el nivel 3. De modo que, en general, la progresión de los niveles de comprensión fue moderada. Los grupos que pasaron al nivel 2 añadieron a sus respuestas componentes que ya fueron citados en las respuestas iniciales de otros grupos, señalados más arriba. Solamente uno de estos grupos (G1) añadió la *financiación* como factor clave para la Tecnología.

El grupo G2 alcanzó el nivel 3 añadiendo a su respuesta inicial alusiones al *conocimiento científico*, los *valores sociales* y la *innovación*:

G2: [...] Llegamos a la conclusión de que son tres los componentes de la Tecnología: técnico, económico y social. Actualmente también puede destacarse como importante la sostenibilidad. La Tecnología, a partir de unos conocimientos científicos y tecnológicos, supone la búsqueda de innovación, aplicabilidad y viabilidad técnica y económica, siempre con vistas a la repercusión social que implica todo ello. (Nivel 3)

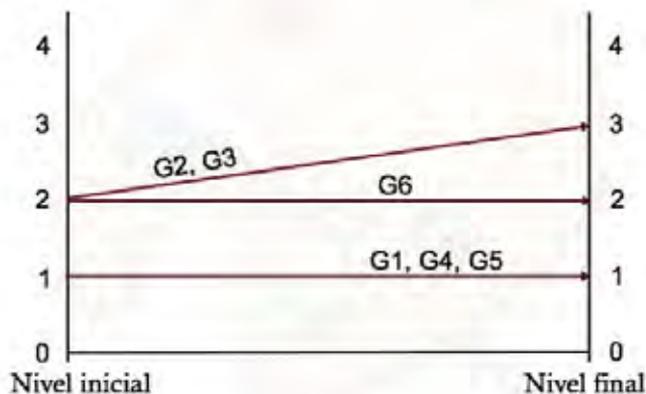
#### 4.2 Similitudes y diferencias entre Tecnología y Ciencia

En cuanto a determinar similitudes y diferencias entre Tecnología y Ciencia, se encuentra que inicialmente los seis grupos se ubican en niveles de comprensión bajos (niveles 1 y 2). Véase la figura 2. Tres grupos se ubican en el nivel 1 al señalar apropiadamente solo similitudes o solo diferencias entre ambas disciplinas, de acuerdo con la rúbrica. Así, el grupo G5 se centra en indicar únicamente diferencias entre Ciencia y Tecnología; y en una de ellas, además, incurre en la concepción errónea de que la Ciencia no está influenciada por asuntos económicos o sociales:

G5: La Ciencia busca el conocimiento de los fenómenos de la naturaleza, [mientras que] la Tecnología aplica el conocimiento para cubrir necesidades (resolver problemas). La Ciencia es "independiente" de lo económico/social, [en cambio] la Tecnología busca el beneficio económico y/o social. La Ciencia difunde su conocimiento mediante publicaciones, [y] la Tecnología lo hace mediante patentes. (Nivel 1; corchetes añadidos)

Mientras que, por ejemplo, el grupo G4 solo señala una similitud entre Ciencia y Tecnología medianamente adecuada (ambas tienen un impacto económico), pero en las diferencias considera que el conocimiento manejado en la Tecnología es solamente práctico: "Con respecto a las diferencias, la Ciencia es un conocimiento básico y teórico, mientras que la Tecnología es un conocimiento práctico. [...] Asimismo, ambas buscan rendimiento económico." (G4; Nivel 1)

Figura 2. Progresión de las concepciones de los grupos de FPFQ con respecto a las similitudes y diferencias entre Ciencia y Tecnología.



Fuente: elaboración propia.

En el nivel 2, tal y como se recoge en la rúbrica, se ubican los otros tres grupos debido a que sus respuestas iniciales señalan adecuadamente solo una similitud y una diferencia entre Ciencia y Tecnología. Por ejemplo:

G6: La Ciencia tiene como primer objetivo obtener conocimiento, pero no persigue beneficio económico (una rentabilidad). La Tecnología se desarrolla buscando un beneficio económico. Similitudes: Ambas requieren de conocimientos para su desarrollo, sirven como herramientas para resolver problemas de la sociedad, requieren recursos económicos para su desarrollo, y tienen una repercusión social, tanto para bien como para mal. (Nivel 2)

Tras la puesta en común, se obtiene que solo dos de los seis grupos logran progresar a un nivel más alto; en este caso, del nivel 2 al 3 (grupos G2 y G3). Sucede que, si bien la mayoría de los grupos incluyen alguna mejora en sus respuestas, estas solo consisten en añadir alguna similitud o alguna diferencia; lo que, de acuerdo con la rúbrica, no supone un aumento de nivel. Por ejemplo, el grupo G4 añadió solo similitudes, pero no hizo ningún cambio en la diferencia errónea inicialmente destacada (se subraya lo añadido tras la puesta en común):

G4: Con respecto a las diferencias, la Ciencia es un conocimiento básico y teórico, mientras que la Tecnología es un conocimiento práctico. [...] Asimismo, la Ciencia busca el avance en la investigación sin necesidad de cubrir mejoras, en cambio, la Tecnología busca satisfacer necesidades sociales. En cuanto a las similitudes, ambas buscan rendimiento económico y manejan conocimientos. (Nivel 1)

Los dos grupos que logran progresar al nivel 3 añaden alguna diferencia o similitud más a su respuesta inicial. Por ejemplo, el grupo G3 se refiere a las publicaciones y a las patentes como principales medios de presentación de los avances científico y tecnológico, respectivamente (se subraya lo añadido a la respuesta inicial):

G3: Diferencias: La Ciencia busca satisfacer la curiosidad y tiene desinterés económico; genera publicaciones; mientras que la Tecnología busca satisfacer necesidades y tiene interés económico; genera patentes. Similitudes: [ambas] están en continuo desarrollo, son experimentales y tratan con conceptos que se pueden cuantificar. (Nivel 3; corchetes añadidos)

La respuesta final más amplia o completa en esta cuestión correspondió al grupo G2, aunque, tal y como se establece en la rúbrica, no le permitía alcanzar el nivel máximo:

G2: Diferencias: La Ciencia se pregunta “¿Por qué ocurren los fenómenos?”, [mientras que] la Tecnología se pregunta “¿Cómo aplicarlo?”. El principal objetivo de la Ciencia es la producción de conocimiento, que publica (propiedad intelectual). [Y] el principal objetivo es la aplicación del conocimiento, que patenta (explotación). Similitudes: ambas promueven el avance del conocimiento científico y tecnológico, requieren recursos (tiempo, dinero), exigen pensamiento crítico, necesitan puesta en práctica para ser demostradas. Ambas se potencian mutuamente: conocimientos de la Ciencia se aplican en desarrollos tecnológicos y sistemas creados en Tecnología permiten avanzar en el trabajo científico. (Nivel 3; corchetes añadidos)

## 5. Conclusiones

Si bien la investigación presentada es modesta en alcance y desarrollo, supone un avance en la línea de trabajo dedicada a la comprensión de la NDT. Hasta ahora los estudios sobre ello se han limitado básicamente a diagnosticar las concepciones de estudiantes y profesorado sobre NDT (Acevedo-Díaz *et al.*, 2003, 2005; DiGironimo, 2011; García-Carmona, 2006; Ferreira-Gauchía *et al.*, 2011), o hacer planteamientos teóricos con vistas a su introducción en la educación científico-tecnológica (Acevedo-Díaz, 1998, 2006; Waight y Abd-El-Khalick, 2012); pero no se han ocupado de implementar y evaluar propuestas educativas específicas para mejorarlas.

A la vista de los resultados obtenidos, se puede decir que, globalmente, los EPFQ lograron una progresión moderada en sus concepciones acerca de los aspectos de NDT tratados. La lectura reflexiva de la controversia entre Tesla y Edison sobre la corriente eléctrica, y la discusión de dos cuestiones de NDT en el contexto de esta, contribuyeron a mejorar algunas de las concepciones iniciales de los EPFQ al respecto; las cuales, en unos casos eran limitadas, y en otros, equivocadas en parte.

De manera más pormenorizada, la evaluación de la experiencia educativa ha revelado fortalezas y debilidades en términos de logros de aprendizaje de los EPFQ sobre los aspectos de NDT tratados. Así, con relación a los componentes que caracterizan la Tecnología como sistema, estos reconocen los instrumentos y artefactos técnicos, habilidades técnicas (*know-how*), conocimientos científicos, financiación, valores e innovación. En cambio, obvian otros componentes esenciales, tales como: los recursos naturales y artificiales, procesos de producción, control y mantenimiento, factores políticos y las preferencias culturales y estéticas. Unos aspectos de los que prácticamente no se han ocupado los estudios de diagnóstico señalados.

En cuanto a las similitudes y diferencias entre Ciencia y Tecnología, los EPFQ han terminado entendiendo bien que, mientras la Ciencia tiene como fin explicar fenómenos de la naturaleza, la Tecnología se centra en la elaboración de productos (máquinas, artefactos, aplicaciones, etc.) para resolver problemas o necesidades de la Sociedad (Acevedo-Díaz *et al.*, 2003; Raynaud, 2018). También, que los avances de la Ciencia se ponen de manifiesto fundamentalmente en publicaciones y, en cambio, el avance tecnológico se hace palpable con la creación de patentes (Acevedo-Díaz, 1998). Asimismo, que ambas disciplinas emplean conocimiento y experimentación, entre otras prácticas, para su desarrollo (Acevedo-Díaz, 2006). Sin embargo, entre algunos

EPFQ se encuentra cierta resistencia a cambiar la idea ingenua de que la Ciencia es algo “más teórico”, y la Tecnología, “más práctica” (Acevedo-Díaz *et al.*, 2003); o bien, que la Ciencia es “más aséptica o independiente de lo social” que la Tecnología.

Por otra parte, la evaluación de la experiencia pone de relieve también la utilidad de actividades como la presentada para favorecer la integración contenidos de NDT en las clases de Física y Química; fundamentalmente, porque suponen intervenciones educativas cortas, que apenas distorsionan el desarrollo del programa previsto para la asignatura. Asimismo, el análisis revela que, aun cuando la lectura de controversias de Historia de la Tecnología es un recurso de un valor pedagógico reseñable, no es *per se* suficiente para una mejora significativa de las concepciones de los EPFQ sobre un constructo tan poliédrico como NDT. Esto apunta a la necesidad de combinarlo con otros recursos y propuestas para lograr aprendizajes sobre NDT más efectivos. Por ejemplo, mediante la lectura crítica y reflexiva de noticias de la prensa sobre temas tecnocientíficos contemporáneos (Guerrero-Márquez y García-Carmona, 2020). También puede resultar efectivo el planteamiento de proyectos escolares orientados al diseño y construcción de algún artefacto (García-Carmona, 2011), junto con cuestiones para la reflexión explícita sobre aspectos de NDT intervinientes en el proceso (conjugación de Ciencia y Tecnología, aspectos estéticos, utilitarios, etc.). Algo similar se puede hacer con el análisis de objetos tecnológicos cotidianos desde una perspectiva sistémica (García-Carmona y Criado, 2009).

En todo caso, lo esencial será que la NDT sea concebida como un objetivo básico de la alfabetización científico-tecnológica; y partiendo de esta idea, imaginar nuevas estrategias y recursos para su enseñanza/aprendizaje en las clases de Ciencia y Tecnología. Desde esta perspectiva, se asume que lo planteado aquí puede ser igualmente aplicable al área curricular de Tecnología.

Por último, es preciso decir que, dadas las condiciones en las que se llevó a cabo la experiencia educativa, esto es, en un contexto habitual de clase con una muestra de participantes reducida y elegida por conveniencia, los resultados deben acogerse con las limitaciones que ello impone. Sin embargo, estos pueden resultar de interés para animar a otro profesorado de Ciencia y de Tecnología a promover aprendizajes sobre NDT, usando la Historia de la Tecnología. Igualmente pueden servir para motivar nuevos estudios, que profundicen en la comprensión de los aspectos de NDT aquí tratados; o bien, que amplíen la atención a otros aspectos de esta.

## 6. Agradecimientos

Quiero agradecer a mi colega y amigo José Antonio Acevedo Díaz su colaboración en el análisis de los datos del presente estudio.

---

## Bibliografía

- Acevedo-Díaz, J. A. (1998). Análisis de algunos criterios para diferenciar entre Ciencia y Tecnología. *Enseñanza de las Ciencias*, 16(3), 409-420. <https://bit.ly/3jmZLOI>
- Acevedo-Díaz, J.A. (2006). Modelos de relaciones entre Ciencia y Tecnología: un análisis social e histórico. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 3(2), 198-219. [https://doi.org/10.25267/Rev\\_Eureka\\_ensen\\_divulg\\_cienc.2006.v3.i2.03](https://doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2006.v3.i2.03)

- Acevedo-Díaz, J. A. (2010). ¿Qué puede aportar la Historia de la Tecnología a la educación CTS? *Praxis Pedagógica*, 10, 32-39. <https://doi.org/10.26620/uniminuto.praxis.10.11.2010.32-39>
- Acevedo-Díaz, J. A. y García-Carmona, A. (2016). Una controversia de la Historia de la Tecnología para aprender sobre Naturaleza de la Tecnología: Tesla vs. Edison – La guerra de las corrientes. *Enseñanza de las Ciencias*, 34(1), 193-209. <http://dx.doi.org/10.5565/rev/ensCiencias.1916>
- Acevedo-Díaz, J. A., Vázquez-Alonso, A., Manassero-Mas, M. A. y Acevedo-Romero, P. (2003). Creencias sobre la Tecnología y sus relaciones con la Ciencia. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 2(3), 353-376. [http://reec.uvigo.es/volumenes/volumen2/REEC\\_2\\_3\\_9.pdf](http://reec.uvigo.es/volumenes/volumen2/REEC_2_3_9.pdf)
- Acevedo-Díaz, J. A., Vázquez-Alonso, A., Manassero-Mas, M. A. y Acevedo-Romero, P. (2005). Aplicación de una nueva metodología para evaluar las creencias del profesorado sobre la Tecnología y sus relaciones con la Ciencia. *Educación Química*, 16(3), 372-382. <http://dx.doi.org/10.22201/fq.18708404e.2005.3.66100>
- Cajas, F. (2001). Alfabetización científica y tecnológica: la transposición didáctica del conocimiento tecnológico. *Enseñanza de las Ciencias*, 19(2), 243-254. <https://www.raco.cat/index.php/Ensenanza/article/view/21737>
- Criado, A. M. y García-Carmona, A. (2011). *Investigando las máquinas y artefactos*. Sevilla: Diada.
- DiGironimo, N. (2011). What is technology? Investigating student conceptions about the nature of technology. *International Journal of Science Education*, 33(10), 1337-1352. <https://doi.org/10.1080/09500693.2010.495400>
- Echeverría, J. (2005). La revolución tecnocientífica. *CONfines*, 1(2), 9-15. <https://confines.mty.itesm.mx/articulos2/EcheverriaJ.pdf>
- Ferreira-Gauchía, C., Vilches, A. y Gil-Pérez, D. (2012). Concepciones acerca de la Naturaleza de la Tecnología y de las relaciones Ciencia, Tecnología, Sociedad y Ambiente en la educación tecnológica. *Enseñanza de las Ciencias*, 30(2), 197-218. <https://www.raco.cat/index.php/Ensenanza/article/view/254510>
- García-Carmona, A. (2006). Concepciones del alumnado de Secundaria sobre las finalidades de la Física y su papel en la Tecnología. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 3(2), 188-197. <https://revistas.uca.es/index.php/eureka/article/view/3859>
- García-Carmona, A. (2011). *Aprender Física y Química mediante secuencias de enseñanza investigadoras*. Archidona (Málaga): Aljibe.
- García-Carmona, A. (2020). STEAM, ¿una nueva distracción para la enseñanza de la Ciencia? *Ápice. Revista de Educación Científica*, 4(2), 35-50. <https://doi.org/10.17979/arec.2020.4.2.6533>
- García-Carmona, A. y Criado, A. M. (2009). ¿Por qué los automóviles son como son? La evolución de un sistema tecnológico. *Alambique*, 62, 92-106. <https://core.ac.uk/download/pdf/51396096.pdf>
- Guerrero-Márquez, I. y García-Carmona, A. (2020). La energía y su impacto socioambiental en la prensa digital: temáticas y potencialidades didácticas para una educación CTS. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 17(3), 3301. [https://doi.org/10.25267/Rev\\_Eureka\\_ensen\\_divulg\\_cienc.2020.v17.i3.3301](https://doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2020.v17.i3.3301)
- Kline, S.J. (1985). What is technology? *Bulletin of Science, Technology, and Society*, 5(3), 215-218. <https://doi.org/10.1177%2F027046768500500301>
- Maiztegui, A., Acevedo, J. A., Caamaño, A., Cañal, P., Carvalho, A. P. M., del Carmen, L. et al. (2002). Papel de la Tecnología en la educación científica: una dimensión olvidada. *Revista Iberoamericana de Educación*, 28, 129-155. <https://doi.org/10.35362/rie280962>
- Mayring, P. (2000). Qualitative content analysis. *Forum: Qualitative Social Research*, 1(2), 1–10. <https://doi.org/10.17169/fqs-1.2.1089>
- Ministerio de Educación. (2015). *Real Decreto 1105/2014, de 3 de enero, por el que se establece el currículo básico de la Educación Secundaria Obligatoria y del Bachillerato*. Madrid: Boletín Oficial del Estado.

- National Research Council. (2012). *A framework for K-12 science education: Practices, crosscutting concepts, and core ideas*. Washington: The National Academies Press.
- Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos [OCDE]. (2017). *Marco de evaluación y de análisis de PISA para el desarrollo: Lectura, matemáticas y ciencias. Versión preliminar*. París: OECD Publishing.
- Raynaud, D. (2018). *¿Qué es la Tecnología?* Pamplona: Laetoli.
- Valdés, P., Valdés, R., Guisasola, J. y Santos, T. (2002). Implicaciones de las relaciones Ciencia-Tecnología en la educación científica. *Revista Iberoamericana de Educación*, 28(1), 101-128. <https://doi.org/10.35362/rie280961>
- Waight, N. y Abd-El-Khalick, F. (2012). Nature of Technology: Implications for design, development, and enactment of technological tools in school science classrooms. *International Journal of Science Education*, 34(18), 2875-2905. <https://doi.org/10.1080/09500693.2012.698763>

**Como citar en APA:**

García-Carmona, A. (2021). Reflexiones de estudiantes de profesorado de Física y Química sobre Naturaleza de la Tecnología en el contexto de la controversia Tesla-Edison. *Revista Iberoamericana de Educación*, 87(1), 35-48. <https://doi.org/10.35362/rie8714269>

## Aprendizaje de microbiología experimental en un formato virtual y en contexto de pandemia: una experiencia de implementación de actividades con la utilización de un set portátil en la formación de profesores de Biología y Ciencias Naturales

María José Vargas-Straube<sup>1</sup> 

Juan Carlos Gutiérrez Escobar<sup>1</sup> 

Javieria Francisca Soto Quiroz<sup>1</sup> 

Evelyn Isla Paillamilla<sup>1</sup> 

<sup>1</sup>Universidad Alberto Hurtado (UAH), Chile

**Resumen.** En este trabajo se presenta la implementación de una propuesta didáctica innovadora para realizar actividades prácticas en un curso de microbiología para estudiantes de Pedagogía en Biología y Ciencias Naturales. La propuesta surgió para resolver la necesidad de realizar experiencias prácticas en formato virtual en contexto de pandemia. La metodología consideró el diseño y envío de un set portátil de laboratorio al domicilio de los estudiantes del curso y en la implementación de actividades experimentales asistidas virtualmente por los profesores del curso (una experta en microbiología y un experto en didáctica de las ciencias). Las actividades experimentales incluyeron el cultivo de microorganismos ambientales, la tinción Gram y la elaboración de una investigación personalizada. Los resultados obtenidos durante la implementación de esta secuencia didáctica proceden de la observación del desempeño de los estudiantes durante el trabajo práctico, de la revisión de sus informes y del análisis de una entrevista semiestructurada que se centra en la valoración otorgada por los estudiantes a esta experiencia y su percepción acerca de los aprendizajes logrados.

**Palabras clave:** microbiología; laboratorio; didáctica; educación científica; educación basada en evidencias; formación inicial docente.

**Aprendizagem de microbiologia experimental em formato virtual e no contexto de pandemia: uma experiência de implementação de atividades com o uso de laboratório portátil na formação de professores de Biologia e Ciências Naturais**

**Resumo.** Este trabalho apresenta a implementação de uma proposta didática inovadora para realizar atividades práticas em um curso de microbiologia para estudantes de Licenciatura em Biologia e Ciências Naturais. A proposta surgiu para resolver a necessidade de realizar experiências práticas em formato virtual, no contexto de pandemia. A metodologia considerou a criação e a entrega de um laboratório portátil no domicílio dos alunos e a implementação de atividades experimentais orientadas virtualmente pelos professores do curso (uma especialista em microbiologia e um especialista em didática das ciências). As atividades experimentais incluíram o cultivo de microorganismos ambientais, a coloração de Gram e a elaboração de uma investigação personalizada. Os resultados obtidos durante a implementação desta sequência didática provêm da observação do desempenho dos alunos durante o trabalho prático, da revisão dos seus relatórios e da análise de uma entrevista semiestructurada que enfoca a avaliação dada pelos estudantes a esta experiência e a sua percepção do aprendizado alcançado.

**Palavras-chave:** microbiologia; laboratório; didática; educação científica; educação baseada em evidências; formação inicial docente.

**Learning experimental microbiology in a virtual format in the context of a pandemic: an experience of implementing activities with the use of a portable set in the training of Biology and Natural Sciences teachers.**

**Abstract.** This paper presents the implementation of an innovative didactic proposal to perform practical activities in a microbiology course for students of Pedagogy in Biology and Natural Sciences. The proposal arose to solve the need for practical experiences in virtual format in the context of pandemic. The methodology considered the design and delivery of a portable laboratory set to the homes of the course students and the implementation of experimental activities virtually assisted by the course teachers (an expert in microbiology and an expert in science didactics). The experimental activities included microorganism culture, Gram stain and the elaboration of a personalized investigation. The results obtained during the implementation of this didactic sequence come from the observation of the performance of the students during the practical work, from the review of their reports and the analysis of a semi-structured interview that focuses on the evaluation given by the students to this experience and their perception about the learning achieved.

**Keywords:** Microbiology; laboratory; didactics; science education; evidence-based education; initial teacher training.

## 1. Introducción

### 1.1 *Curso de Microbiología de la carrera de Pedagogía en Biología y Ciencias Naturales*

La carrera de Pedagogía en Biología y Ciencias Naturales de la Universidad Alberto Hurtado, en el sexto semestre de su plan de estudio 2014, dicta un curso de Microbiología que integra la dimensión disciplinar y didáctica, a través del desarrollo de los contenidos científicos específicos de la microbiología y de su enseñanza, lo que se materializa en un trabajo pedagógico articulado entre una doctora en microbiología y un experto en didáctica de las ciencias.

Este curso se ha impartido en modalidad presencial desde el año 2016 hasta el año 2019. Sin embargo, a raíz del contexto de pandemia que se suscitó en Chile y el mundo producto de la infección por SARS-CoV-2, el año 2020 el curso se impartió en modalidad virtual para un grupo de cinco estudiantes de la carrera.

### 1.2 *Importancia del desarrollo de habilidades científicas en el curso de Microbiología*

La modalidad de trabajo de este curso contempla el desarrollo de clases teóricas y prácticas, las cuales permiten analizar los contenidos disciplinares y abordar algunos de estos mediante experiencias de indagación científica y experimentación en el laboratorio, lo que permite a los futuros profesores construir aprendizajes conceptuales y procedimentales relativos a los distintos tópicos. Las experiencias de investigación en microbiología, en este curso, se estructuran en dos etapas: i) el aprendizaje de técnicas y procedimientos básicos en microbiología experimental y ii) el desarrollo experimental de una pregunta en microbiología.

El aprendizaje de técnicas y procedimientos básicos en microbiología experimental incluye la elaboración de medios de cultivos y soluciones de testeo, el cultivo de microorganismos en medios sólidos y líquidos, la medición del crecimiento bacteriano mediante turbidimetría o conteo de unidades formadoras de colonias (ufc), la realización del procedimiento de tinción Gram, para distinguir entre bacterias Gram-negativas y bacterias Gram-positivas y la visualización de microorganismos mediante microscopía óptica. Esto les permite a los futuros docentes adquirir buenas prácticas de laboratorio, manejar microorganismos en condiciones de asepsia y aprender a utilizar equipos de rutina en microbiología. Por otro lado, el abordaje experimental de una pregunta permite integrar las habilidades experimentales aprendidas en la primera etapa, desarrollar habilidades de pensamiento científico, como el diseño experimental, el análisis de los datos y la interpretación de los resultados y actitudes asociadas al trabajo científico, además, construir conocimiento científico basado en evidencia.

### 1.2.1 *Importancia de la elaboración de la tinción Gram para la determinación de la clasificación bacteriana*

La tinción Gram es uno de los procedimientos de tinción diferencial más utilizados en microbiología, el cual consiste en una serie de pasos consecutivos de tinción y decoloración de un frotis bacteriano. Este procedimiento permite diferenciar entre bacterias Gram-positivas y Gram-negativas al visualizarlas en el microscopio. El pro-

cedimiento de la tinción Gram requiere cuatro pasos básicos que incluyen la aplicación de una tinción primaria (cristal violeta) a un frotis fijado con calor, la adición de un mordiente (yodo), una rápida decoloración con una mezcla de alcohol y acetona y, por último, la aplicación de una tinción de contraste (safranina) (Smith y Hussey, 2005). La determinación de la clasificación de bacterias Gram-positivas y Gram-negativas se realiza al visualizar agrupaciones bacterianas de color violeta, no reactivas a la tinción (Gram-positivas), o color rosado, reactivas a la tinción (Gram-negativas).

### *1.3 Desarrollo de habilidades y procedimientos experimentales del curso de Microbiología en un formato virtual y en un contexto pandémico*

El re-diseño del curso, para que se pudiera realizar en formato virtual, representó un gran desafío, tanto para el equipo directivo de la carrera como para los docentes del curso, y las grandes preguntas que surgieron tienen relación con la factibilidad de aprender de manera significativa procesos y técnicas experimentales microbiológicas de manera práctica en virtualidad y cómo desarrollar competencias básicas de investigación en estudiantes universitarios.

Para responder a estas preguntas fue necesario presentar propuestas que permitieran promover aprendizajes en torno a los procesos de índole práctica, entendidos como aquellos aprendizajes centrados en el contenido y en los procesos de la ciencia, comprendiendo la utilidad del conocimiento científico en la vida y la sociedad, en concordancia con una visión que dé cuenta de un ciudadano empoderado del conocimiento científico y su contextualización (Sjöström y Eilks, 2018).

La nueva modalidad virtual en la que se han debido impartir las clases en los establecimientos educativos del país desde el año 2020, tanto en la educación escolar como universitaria, ha propiciado la generación de nuevas propuestas de enseñanza que efectivamente promuevan el desarrollo de aprendizajes. En este sentido, y apelando a algunas ideas planteadas por Rivas (2020), no serán los docentes expertos en tecnología los mejor posicionados para rehacer el sistema, serán los conocedores y los apasionados de la didáctica, los que podrán reinventar la enseñanza con sentido y criterio en las condiciones que la realidad les presenta. En el caso de la formación de profesorado de ciencias es aún más crucial, pues los futuros profesores deben aprehender conocimientos relativos a los procesos de la ciencia que requieren de trabajo práctico, pues de lo contrario no serían capaces de realizar una transposición didáctica de los mismos.

A nivel internacional, es reconocida la necesidad de incorporar los trabajos prácticos en la enseñanza de las ciencias, en todos los niveles, utilizando materiales de fácil adquisición y metodologías por indagación que consideren las ideas previas de los estudiantes y promuevan la construcción de contenidos conceptuales y procedimentales, facilitando así el desarrollo de habilidades científicas fundamentales, a través de la transformación de los métodos de enseñanza, lo que además de generar estas habilidades en los estudiantes, permitiría mejorar el desempeño académico y reflexionar sobre la manera en cómo se viene enseñando la ciencia (Sosa y Dávila, 2019; Dyasi, 2014; Carrascosa *et al.*, 2006).

A continuación, se analiza la implementación de actividades con el uso de un set portátil de laboratorio de microbiología asociado a una secuencia didáctica, recuperando de ésta la planificación de las actividades, la progresión de los aprendizajes y el proceso de investigación didáctica desde un enfoque epistémico y didáctico (Couso, 2011). La experiencia implicó un diseño de clases con contenidos abordados de manera gradual, actividades guiadas, práctica abundante, mucho diálogo y retroalimentación, entre otras características de la propuesta que dan cuenta de una metodología de enseñanza explícita, coherente con la formación de profesores de ciencias para el siglo XXI (Vásquez-Alonso y Manassero-Mas, 2019). Este set portátil incluyó todos los materiales y reactivos necesarios para la realización de talleres prácticos de microbiología experimental básica. Las indicaciones de utilización de este set fueron entregadas por los docentes del curso en sesiones virtuales sincrónicas.

## 2. Materiales y métodos

### 2.1 *Elaboración de un set portátil de laboratorio de microbiología*

#### 2.1.1 *Materiales para la elaboración de los sets portátiles del curso*

El equipo de la carrera diseñó y preparó la lista de componentes del set portátil en base a los materiales y reactivos disponibles en el Laboratorio de la carrera. Los materiales consisten en placas Petri, tubos Eppendorf y Falcon, portaobjetos, cubreobjetos, asas bacteriológicas, pinzas metálicas, vasos precipitados, gotarios, cotonitos, papel parafilm, agua destilada, alcohol, guantes, toallas de papel, pisetas y encendedores. Los reactivos líquidos consisten en soluciones de cristal violeta, safranina, alcohol, acetona y lugol. Los reactivos sólidos consisten en medio de cultivo Luria Bertani (LB), glucosa y agar.

Se prepararon cinco sets portátiles, para cada uno de los futuros profesores inscritos en el curso.

#### 2.1.2 *Preparación de las soluciones de los sets portátiles del curso*

El procedimiento de preparación de las soluciones y reactivos que componen el set portátil se muestra en el anexo.

#### 2.1.3 *Componentes del set portátil para cada estudiante y envío a sus domicilios*

- 1 tubo Eppendorf con 1 ml de solución de cristal violeta
- 1 tubo Eppendorf con 1 ml de solución de safranina
- 1 tubo Eppendorf con 1 ml de solución de lugol
- 1 tubo Falcon con 50 ml de solución de alcohol-acetona
- 1 bolsa con componentes del medio LB
- 1 bolsa con componentes del medio LB + glucosa
- 2 bolsas con agar
- 10 portaobjetos
- 10 cubreobjetos
- Tiras de papel parafilm
- 5 tubos Eppendorf vacíos y estériles
- 2 tubo2 Falcon de 50 mL vacíos y estériles
- 5 gotarios

- 5 cotonitos estériles
- 1 botella sellada de 1 L de agua destilada
- 1 botella sellada de 1 L de alcohol
- 1 botella sellada de 1 L de hipoclorito de sodio
- 4 pares de guantes
- 1 rollo de toalla de papel
- 1 lupa/microscopio digital
- 5 placas Petri de vidrio
- 1 asa bacteriológica en loop
- 1 pinza metálica
- 1 vaso precipitado de 250 mL
- 2 pisetas vacías
- 1 encendedor

Se prepararon 5 cajas con sets portátiles y se enviaron al domicilio de cada estudiante mediante un servicio de encomiendas a domicilio. Se le solicitó a cada estudiante confirmar la correcta recepción del set vía correo electrónico.

### *2.2 Protocolos de microbiología realizados con el set portátil*

Los protocolos experimentales realizados por el estudiantado se muestran en el anexo.

### *2.3 Monitoreo de las actividades experimentales y la utilización del set portátil*

Mediante sesiones virtuales sincrónicas, se realizaron talleres experimentales con el estudiantado. En cada sesión, los docentes a cargo del curso indicaron, mediante demostraciones o utilizando videos disponibles en páginas web, cómo realizar los protocolos con buenas prácticas de laboratorio y observaron, mediante cámara web, la ejecución de estos protocolos por parte de los estudiantes. Las sesiones fueron dinámicas, dialógicas y con retroalimentación constante entre docentes y estudiantes, con el objetivo de que estos últimos pudiesen resolver sus dudas, integrar las indicaciones obtenidas por cámara web y poder realizar estas indicaciones en sus hogares bajo la observación y asistencia sincrónica. Además, los docentes dieron indicaciones específicas para que los estudiantes pudiesen realizar el registro de sus resultados durante las sesiones asincrónicas.

#### *Sesión 1: Elaboración de medios de cultivo en placas Petri*

Primero se indicó a los estudiantes las instrucciones para la realización de los protocolos de preparación de pisetas con agua destilada y con etanol 75%. Luego se les señalaron indicaron las instrucciones para la realización del protocolo de preparación de placas Petri con medio de cultivo LB-glucosa-agar. Los estudiantes almacenaron sus placas de cultivo estériles en el refrigerador hasta la tercera sesión.

#### *Sesión 2: Calibración del microscopio*

Su utilizó una lupa microscopio digital de uso casero con conexión USB para computador, presentando las siguientes características de utilización doméstica: aumento de hasta 1000x digitales, resolución de campo de 640 x 480 píxeles, enfoque de un rango de 15 a 40 mm y conexión directa con sistemas Android.

Durante la sesión, la utilización del microscopio fue mediada por un proceso de exploración libre que permitiera a los estudiantes explorar elementos cotidianos de tal forma que comprendieran su funcionamiento y en especial la técnica de enfoque del microscopio, y adicionalmente pudiesen establecer referencias de escala para los diferentes objetos.

### Sesión 3: Toma de muestras e inoculación en placas de cultivo

Se les indicaron a los estudiantes las instrucciones para la realización del protocolo de muestreo e inoculación de microorganismos utilizando las placas de cultivo preparadas en la primera sesión.

### Sesión 4: Elaboración de la tinción Gram para la clasificación bacteriana y visualización al microscopio

Se les indicaron a los estudiantes las instrucciones para la realización del protocolo de la técnica de tinción Gram de las bacterias obtenidas en la tercera sesión. Una vez obtenidos los frotis teñidos, se visualizaron al microscopio hasta obtener registros fotográficos de lo observado.

### Sesión 5: Desarrollo de una pregunta individual de indagación en microbiología

Se trabajó con cada estudiante, de forma individual y sincrónica, para que elaborara una pregunta de indagación en microbiología. Se asistió a cada estudiante para que su pregunta cumpliera con dos requisitos obligatorios: abordar uno o más contenidos disciplinares entregados en el curso de microbiología y poseer la potencialidad de ser respondidas mediante un diseño experimental simple que implicara la utilización del set portátil de laboratorio.

### Sesión 6: Elaboración de un diseño experimental en torno a una pregunta individual de indagación en microbiología

Se trabajó con cada estudiante, de forma individual y sincrónica, para que elaborara un diseño experimental que respondiese su pregunta en microbiología utilizando el set portátil de laboratorio. Se asistió a cada estudiante para que su diseño fuera ordenado y presentara una secuencia metodológica sencilla.

## *2.4 Indicaciones del formato de reporte de los resultados obtenidos en los experimentos de microbiología*

Se les indicó a los estudiantes, mediante correo electrónico, la siguiente pauta de informe para el reporte de sus resultados experimentales.

1. Introducción: Marco teórico, hipótesis, objetivo general, objetivos específicos.
2. Materiales y métodos: Lista de materiales y procedimiento experimental.
3. Resultados: Descripción de resultados obtenidos. Incorporar registro fotográfico, tablas y gráficos en caso de ser necesario.
4. Discusión
5. Conclusiones
6. Bibliografía

## 2.5 Entrevistas semi-estructuradas a los estudiantes para recoger sus experiencias como usuarios de un set portátil de laboratorio

Finalizada la experiencia, el equipo de la carrera elaboró una entrevista para los estudiantes, con el objetivo de recoger información acerca de la utilización del set portátil entregado y las actividades experimentales realizadas con éste. Esta entrevista se realizó de forma oral a cada estudiante, por separado. A continuación, se muestra la entrevista realizada.

En el marco de la contingencia sanitaria que estamos viviendo desde marzo de 2020 debimos adaptar los procesos de enseñanza-aprendizaje de todas las actividades curriculares para realizarlas en modalidad virtual. Uno de los principales desafíos se presentó en aquellos cursos que tienen una componente práctica, entre ellos el curso de Microbiología. En este sentido, quisiéramos conocer tus apreciaciones respecto a la experiencia vivida, a propósito del trabajo realizado con el uso de un kit de materiales que fue enviado a tu domicilio, para abordar las actividades prácticas guiadas por los docentes a cargo del curso. Te realizaremos siete preguntas.

1. ¿Qué te pareció la iniciativa de enviar un set portátil de materiales para abordar la componente práctica de este curso? ¿Qué aspectos de esta experiencia consideras valiosos para tu formación disciplinar y didáctica? ¿Por qué?
2. ¿En qué medida consideras que pudiste desarrollar aprendizajes conceptuales, habilidades y actitudes científicas a través de esta experiencia?
3. ¿Podrías dar cuenta de alguna habilidad de pensamiento científico o procesos de la ciencia que pudieras haber identificado?
4. ¿Consideras que pudiste desarrollar algunas actitudes científicas en este trabajo que realizaste?
5. ¿Crees que habrías logrado estos aprendizajes que señalas sin contar con el set portátil de materiales? ¿Por qué?
6. ¿Qué elementos del trabajo práctico con estos sets portátiles mejorarías, ya sea en términos de materiales, adaptaciones a la forma de trabajo, sesiones sincrónicas y asincrónicas? ¿Existe algún otro tema en cuanto a materiales u otro tipo de adaptaciones que consideras sería pertinente realizar?
7. Después de todos estos análisis y proyectando tu futuro quehacer como profesor ¿Realizarías esta experiencia con estudiantes en el aula, tal como te fue presentada? ¿Por qué? Si consideras que habría que introducir ajustes ¿Cuáles serían?"

## 3. Resultados

### 3.1 Cultivo de bacterias ambientales y determinación de su clasificación por tinción Gram

#### 3.1.1 Cultivo de microorganismos

Cada estudiante del curso tomó muestras de diferentes superficies de su hogar y las cultivó en placas Petri con medio LB-glucosa hasta observar crecimiento de colonias de microorganismos con diferentes características visuales (Tabla 1, Fig. S1).

**Tabla 1.** Lugares del hogar donde cada estudiante tomó muestras para cultivar microorganismos.

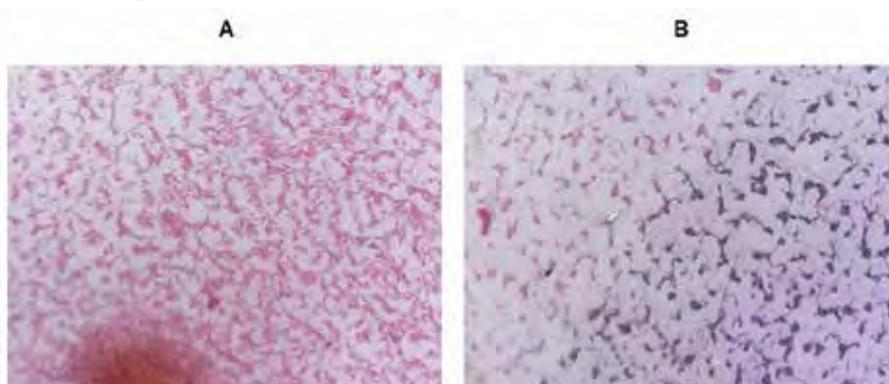
Estudiante	Muestra 1	Tiempo de cultivo	Muestra 2	Tiempo de cultivo
C. A.	Suela de zapatilla	No especificó	Superficie del celular	No especificó
F. A.	Saliva humana	No especificó	---	---
R. G.	Saliva de perro	No especificó	Superficie de naranjas de jardín	No especificó
R. P.	Saliva de perro	5 días	Agua estancada de jardín	5 días
F. V.	Saliva de gato	No especificó	---	---

No tomó muestra.

### 3.1.2 Determinación de la clasificación bacteriana mediante tinción Gram y observación al microscopio

Luego de obtener colonias bacterianas, los estudiantes realizaron frotis bacterianos sobre portaobjetos y los tiñeron con tinción Gram. En la [Figura S2](#) se muestran frotis teñidos provenientes de muestras de saliva de perro ([Fig. S2A](#)) y de muestras de suela de zapatilla ([Fig. S2B](#)). Para determinar si las bacterias obtenidas correspondían a bacterias Gram-positivas o bacterias Gram-negativas, los estudiantes analizaron los frotis bacterianos teñidos, en una lupa/microscopio digital ([Fig. 1](#)). En los resultados de dos estudiantes se observan imágenes con agrupamientos bacterianos de color rosado (negativos a la tinción) ([Fig. 1A](#)) y de color violeta (positivos a la tinción) ([Fig. 1B](#)). Según estos resultados las bacterias de la muestra proveniente de saliva de perro (tomada por el estudiante R. G.), se clasificarían como bacterias Gram-negativas ([Fig. 1A](#)) y las bacterias de la muestra proveniente de suela de zapatilla (tomada por el estudiante C. A.), se clasificarían como bacterias Gram-positivas ([Fig. 1B](#)). Debido al límite de resolución del microscopio, no fue posible amplificar las imágenes de los frotis para observar la morfología celular de las bacterias de esas agrupaciones.

**Figura 1.** Fotografías de frotis bacterianos teñidos con tinción Gram, obtenidas con lupa/microscopio digital.



A. Fotografía de bacterias provenientes de saliva de perro (estudiante R. G.). B. Fotografía de bacterias provenientes de suela de zapatilla (estudiante C. A.).

Fuente: Archivo de los autores.

### *3.2 Desarrollo de una investigación experimental con el set portátil para responder una pregunta individual en microbiología*

Tres estudiantes del curso realizaron una pregunta individual en microbiología y la respondieron mediante un diseño experimental utilizando el set portátil de laboratorio. A continuación, se resumen los aspectos importantes del informe de cada estudiante.

#### *3.2.1 Diseño experimental y resultados de la investigación del estudiante R. G.*

Pregunta de indagación en microbiología:

¿Cuál es el rango óptimo de temperatura de crecimiento de bacterias aisladas desde la superficie del fruto de un árbol de naranjas?

Origen de la pregunta:

El estudiante previamente había aislado bacterias desde la superficie de naranjas de un árbol de su jardín (Tabla 1) y las había cultivado en medio LB-glucosa durante 3 días a temperatura ambiente (temperatura alrededor de 18°C). Sin embargo, al almacenarlas en el refrigerador, observó que, al cabo de 5 días, habían crecido más colonias bacterianas que a temperatura ambiente. En base a su observación, se preguntó si las bacterias que aisló podrían crecer a diferentes temperaturas, y cuál sería el rango óptimo de temperatura de crecimiento.

Diseño experimental:

Crecimiento de bacterias presentes en la superficie de una naranja en tres lugares del hogar con diferente temperatura ambiente y determinación del rango óptimo de temperatura de crecimiento.

Secuencia metodológica del experimento:

1. Toma de muestras provenientes de la superficie de un fruto de árbol de naranjas de jardín e inoculación en tres placas Petri con medio LB-glucosa.
2. Depósito de las placas diferentes lugares del hogar durante tres días: jardín (condición 1), refrigerador (condición 2) y estante (condición 3).
3. Registro de la temperatura de cada uno de los tres lugares del hogar a las 7, 11, 15, 19 y 23 horas de los días 1 al 3.
4. Registro visual de la presencia o ausencia de colonias bacterianas en los días 1 y 3. Conteo del número de colonias.
5. Depósito de las tres placas, crecidas durante tres días en diferentes lugares, en el estante de la condición 2 durante dos días más.
6. Registro visual de la presencia o ausencia de colonias bacterianas en el día 5. Conteo del número de colonias.

Resultados y conclusiones experimentales:

Las bacterias provenientes de la superficie de un fruto de un árbol de naranjas crecieron a diferentes temperaturas, entre 12 y 31°C (condición 1, jardín), alcanzando un mayor crecimiento a temperaturas constantes entre 18 y 20°C (condición 3, estante) e inhibiendo su crecimiento a temperaturas constantes entre 10 y 12°C (condición 2, refrigerador) (Fig. S3).

### 3.2.2 *Diseño experimental y resultados de la investigación del estudiante R. P.*

Pregunta de indagación en microbiología:

¿Qué concentración de aceite esencial de jengibre inhibe el crecimiento de bacterias provenientes de la cavidad bucal de un humano adulto?

Origen de la pregunta:

El estudiante realizó una investigación bibliográfica sobre las propiedades antibacterianas de los componentes del jengibre y se preguntó si éste tendría efecto antibacteriano contra las bacterias patógenas que producen las caries dentales.

Diseño experimental:

Preparación de aceite esencial de jengibre y aplicación sobre una placa inoculada con muestra de cavidad de humano adulto, para la determinación de la inhibición del crecimiento bacteriano.

Secuencia metodológica del experimento:

1. Preparación de aceite de jengibre (*Zingiber officinale*) mediante un hidroddestilador casero.
2. Preparación de diferentes concentraciones de una solución de aceite esencial de jengibre: soluciones al 100, 75 y 25% p/v.
3. Toma de muestras provenientes de la cavidad oral de un humano adulto e inoculación en tres placas Petri con medio LB-glucosa.
4. Aplicación de discos de papel, embebidos con las tres soluciones de aceite esencial, sobre tres placas diferentes: una placa control sin inóculo y dos placas inoculadas con la muestra.
5. Incubación de las placas durante 4 días.
6. Registro visual de las placas para la observación de halos de inhibición del crecimiento bacteriano alrededor de los discos embebidos con aceite esencial.

Resultados y conclusiones experimentales:

No se observó crecimiento bacteriano en las placas inoculadas, a excepción de una placa en la que se observó crecimiento sobre un disco de papel embebido en solución de aceite esencial al 25%. El estudiante concluyó que el disco podría haber estado contaminado por manipulación experimental y propuso que en una próxima implementación se podría tomar muestra bacteriana desde esa contaminación, que es capaz de crecer en las condiciones testeadas (Fig. S4).

### 3.2.3 *Diseño experimental y resultados de la investigación del estudiante F. V.*

Pregunta de indagación en microbiología:

¿El hipoclorito de sodio y el alcohol poseen la misma capacidad antiséptica al aplicarlos sobre la superficie de un mesón?

Origen de la pregunta:

Ante la utilización cotidiana de ambos productos antisépticos, el estudiante realizó una investigación bibliográfica sobre las propiedades químicas y el efecto antibacteriano de cada producto. Luego de esto se preguntó si tendrían diferente efecto antibacteriano, o no, al aplicarlos sobre la superficie de un mesón.

#### Diseño experimental:

Toma de muestra de la superficie de un mesón aseado con una solución de hipoclorito de sodio o con una solución de alcohol, por separado, inoculación en placas de cultivo y comparación del crecimiento bacteriano.

#### Secuencia metodológica del experimento:

1. Aplicación de hipoclorito de sodio 10% p/v sobre la mitad de la superficie de un mesón desaseado y toma de muestra para la inoculación en una placa Petri con medio LB-glucosa.
2. Aplicación de alcohol 75% p/v sobre la otra mitad de la superficie del mesón y toma de muestra para la inoculación en una placa de Petri con medio LB-glucosa.
3. Incubación de las dos placas inoculadas durante 3 días, en conjunto con una placa no inoculada.
4. Registro visual de las placas para la observación de crecimiento bacteriano.

#### Resultados y conclusiones experimentales:

Las tres placas testeadas presentaron contaminación ambiental, por lo que no fue posible obtener conclusiones con respecto a la eficacia de cada producto antiséptico (Fig. S5).

### *3.3 Análisis de la propuesta de implementación del set mediante una entrevista*

Se realizó una entrevista semi-estructurada a cada estudiante, para recoger su percepción acerca de la implementación de actividades experimentales utilizando el set portátil.

En general, los estudiantes valoraron positivamente la iniciativa de recibir este set en sus hogares, sobre todo en el contexto de cuarentena estricta que se vivió el año 2020 en el país. El solo hecho de enviar estos sets tuvo un impacto positivo a nivel emocional y con ello en la predisposición de los estudiantes hacia el desarrollo de las actividades prácticas. Se mencionan algunas citas de estudiantes: “Se preocuparon de que nosotros pudiéramos aprender lo mejor posible”, “Considero que fue una súper buena decisión, que no fuera teórico”, “Desde el componente emocional fue muy positiva”.

Entre los aspectos valiosos de la experiencia para la formación disciplinar, los estudiantes destacaron la validación de algunos contenidos de microbiología aprendidos de forma teórica durante el curso, como, por ejemplo, las técnicas de crecimiento microbiano y los fundamentos de la tinción Gram. Se mencionan las siguientes citas de algunos estudiantes: “Aprendí a manejar técnicas de laboratorio”, “Nos permite acercarnos a través de los sentidos”.

Sin embargo, los estudiantes destacaron con mayor énfasis que la experiencia les permitió desarrollar su formación didáctica. Entre estos aspectos destacaron la factibilidad de poder hacer ciencia en sus hogares, realizando protocolos sencillos y creativos y evidenciando empíricamente aplicaciones de la microbiología en la vida cotidiana. Se mencionan algunas citas de estudiantes: “En términos más didácticos, dar la oportunidad a estudiantes de poder hacer estos procedimientos en su casa,

sin necesidad de tener un laboratorio, aunque sean materiales de laboratorio, da una sensación de cercanía, de factibilidad, de accesibilidad a los procesos para construir saberes, y que no es necesario estar en un laboratorio o ir presencial a la universidad para poder desarrollar estos mismos procesos”, “Intencionar que los aprendizajes se den de una manera contextual, o sea que las personas puedan encontrar en su vida cotidiana cosas relacionadas con la ciencia”.

Además, los estudiantes valoraron considerablemente la experiencia de haber realizado un diseño experimental para responder sus preguntas, utilizando un set portátil sencillo y materiales cotidianos disponibles en sus hogares. Esto último lo destacaron como futuros profesores debido a la factibilidad de poder proyectar esta experiencia en aulas escolares e impulsar el aprendizaje práctico con pocos recursos. Se menciona la siguiente cita de un estudiante: “Poder trabajar con pocos materiales, con pocos recursos, creo que es totalmente viable para poder acercarnos al aula en variados niveles. En tercero y cuarto medio se analizan temáticas de salud asociadas a ciertos patógenos, entonces creo que es totalmente factible de desarrollar esto en el colegio, no veo limitaciones. De hecho, lo único que veo son posibilidades de hacerlo, diversas posibilidades de hacerlo”.

Cabe destacar que la experiencia de haber diseñado una metodología experimental para responder sus preguntas también fue valorada en términos de que les permitió desarrollar habilidades y actitudes asociadas al trabajo científico. Entre las cuales mencionaron la observación de fenómenos, el desarrollo de la curiosidad y la creatividad, la elaboración de hipótesis y predicción de resultados, el diseño de metodologías experimentales, el trabajo sistemático y riguroso, el registro de datos, la resolución de problemáticas, la interpretación de resultados y la formulación de conclusiones. Se menciona la siguiente cita de un estudiante: “Siento que uno si se ordena, puede hacer las cosas bien, aunque sea algo muy sencillo, y eso sencillo no le quita valor científico a lo que uno está haciendo, que también es enriquecedor para uno como experimentador”.

Entre las mejoras que los estudiantes sugieren a los componentes del set portátil, mencionaron la disposición de un microscopio con mayor resolución, ya que el que se les envió no les permitió amplificar las imágenes de sus muestras bacterianas para poder observar la forma celular de éstas. Entre las mejoras que los estudiantes sugieren a las indicaciones de las actividades experimentales, mencionaron la disposición de cápsulas informativas previas a las sesiones experimentales sincrónicas, con el objetivo de poder revisar, previo a la clase, las indicaciones y procedimientos. Esto da cuenta de un trabajo metacognitivo por parte de los estudiantes y de la búsqueda de mejora de los procesos de enseñanza en función de los aprendizajes.

Finalmente, los estudiantes declararon que el set portátil de materiales contribuyó efectivamente a los aprendizajes propuestos, considerando que fue esencial para la motivación y el abordaje práctico del curso. Se menciona la siguiente cita de un estudiante: “Es súper difícil no maravillarse con el mundo microscópico y eso fue gracias al set, o sea el set es lo que nos acercó un poco a esta situación de poder encantarnos y poder adquirir esos aprendizajes”.

### *3.4 Análisis didáctico-pedagógico de la experiencia de implementación del set portátil*

Los estudiantes R.G., R.P. y F. V. realizaron diseños experimentales coherentes con sus preguntas individuales, los cuales consideraron el material disponible en el set portátil, las técnicas de medición de crecimiento bacteriano enseñadas en los contenidos disciplinares del curso de Microbiología y propuestas de protocolos sencillos, ordenados y metódicos. Con esta experiencia los estudiantes integraron los contenidos disciplinares abordados en su investigación y desarrollaron habilidades de pensamiento científico, como la observación de fenómenos, elaboración de hipótesis, diseño y ejecución de protocolos experimentales, registro de datos y elaboración de conclusiones. Se destacan los diseños experimentales de los estudiantes R. G. y R. P., por su creatividad en responder la pregunta indagatoria con elementos de su hogar adicionales a los del set portátil enviado. En la investigación de R. G. se incluyó la medición periódica de la temperatura ambiental con un termómetro del cual disponía el estudiante. En la investigación de R. P. se incluyó la elaboración de aceite esencial de jengibre mediante un hidroddestilador casero diseñado por el estudiante. La introducción al diseño experimental de elementos adicionales disponibles en sus hogares da cuenta del interés que despertó en estos estudiantes la oportunidad de responder experimentalmente, y de forma asequible, una pregunta indagatoria de interés personal.

La Naturaleza de la Ciencia (NdC) se vuelve un factor fundamental para la comprensión del quehacer de la ciencia, y por cierto de esta experiencia; Cofré (2012) expone diez puntos denominados “elementos de consenso”, los cuales sugieren que se hagan patentes para el aprendizaje profundo de los estudiantes, de manera parcelada, uno a uno. En este caso se priorizaron dos puntos del consenso antes mencionado: i) La ciencia incluye la creatividad y la imaginación en todas las etapas de la investigación; ii) El conocimiento científico es provisorio o tentativo, las posiciones científicas cambian cuando se obtiene nueva evidencia o cuando la evidencia anterior es reinterpretada por los científicos.

Desde el ejercicio intencionado en la implementación de un set portátil de laboratorio de Microbiología, el estudiantado de este curso comprendió y puso en práctica estos dos elementos, dejando que la imaginación y la creatividad los llevara a la reinterpretación de los experimentos propuestos, incluyendo variables nuevas, elementos adicionales para la experimentación, revisando información de otros experimentos y reinterpretándolos o descartándolos con el fin de expandir sus conocimientos desde la autonomía. A modo de ejemplo, se menciona la necesidad del estudiantado de expandir las muestras ambientales tomadas desde sus hogares a sus barrios, el cuestionamiento y la realización de nuevos diseños experimentales cuando los resultados esperados no ocurrieron, la fabricación de aceite esencial de jengibre para entender su potencial bactericida y el estudio de protocolos adicionales que les permitieran mejorar sus prácticas.

Respecto al desarrollo de habilidades científicas, durante las actividades de implementación del set portátil se intencionaron: la formulación de preguntas, observación, descripción y registro de datos, ordenamiento e interpretación de datos,

elaboración y análisis de hipótesis, productos y explicaciones y discusión ética. Las habilidades antes mencionadas se basan en los requerimientos expresados por el Ministerio de Educación de Chile para los estándares iniciales de formación docente.

#### 4. Discusión

##### 4.1 Implementación de un set portátil de laboratorio e indicación de las actividades experimentales en un formato virtual

La adquisición de conocimientos prácticos de microbiología experimental, por parte de futuros profesores de biología y ciencias naturales, es fundamental para su formación. La microbiología es una rama de las ciencias naturales que contribuye al Currículo Nacional desde la perspectiva de dar fundamentos a temáticas integradas que deben aprender los estudiantes de algunos cursos de educación básica y media: 7° básico, infecciones de transmisión sexual, barreras defensivas y rol de los microorganismos; 8° básico, absorción de nutrientes tanto en plantas como humanos; 1° medio, evidencia taxonómica, evolutiva y rol de los microorganismos en los ecosistemas; y 2° medio, uso biotecnológico de microorganismos (Ministerio de Educación de Chile, 2019).

La realización de clases en formato virtual en contexto de pandemia dificulta desarrollar conocimientos prácticos, sobre todo, aprendizajes procedimentales en el laboratorio en un curso de microbiología. En ese contexto, la implementación de una secuencia didáctica que considera el uso de un set portátil de laboratorio desde los hogares de los estudiantes y la descripción de los procedimientos básicos de microbiología experimental en un formato virtual fue una propuesta que abordó esta necesidad. Tanto el equipo de la carrera, como sus estudiantes, evaluaron el proceso como una experiencia exitosa de adaptación de la docencia en contexto de crisis. Los informes realizados por los estudiantes y los resultados de las entrevistas dan cuenta de que la experiencia les permitió a éstos integrar contenidos disciplinares del curso de Microbiología, tales como “clasificación bacteriana según tinción Gram” y “crecimiento bacteriano” de forma dinámica y experiencial. Al comparar la experiencia de un laboratorio de docencia realizado en un formato virtual, con la de un laboratorio de docencia realizado de forma presencial, como se había realizado en años anteriores, se aprecia que los estudiantes se involucraron mucho más en la correcta elaboración de sus experimentos, ya que fueron monitoreados y asistidos de forma individual en todo el proceso experimental mediante sesiones virtuales. Además, el diseño y ejecución de protocolos experimentales por parte de los estudiantes, con materiales y procedimientos sencillos otorgados por el set portátil, les permitió proyectarse experimentalmente de forma plausible en el aula escolar nacional. Esta capacidad es valorable para un profesor en formación de Biología y Ciencias Naturales.

Cabe destacar que, aunque el proceso fue efectivo en términos del desarrollo de contenidos prácticos fundamentales del curso, existen algunos aspectos, propios de la portabilidad, que se pueden mejorar. Uno de estos aspectos es modificar el microscopio portátil que se dispuso, pues se envió una lupa digital portátil de uso didáctico, cuyas indicaciones del fabricante informan un aumento de hasta 1000X, sin embargo, en las sesiones prácticas realizadas, no fue posible utilizar el microscopio en una amplificación tal que permitiese observar la forma celular de las bacterias analizadas (Fig. 1). Para efectos de la sesión práctica de tinción Gram realizada, los estudiantes

lograron distinguir agrupaciones bacterianas de color violeta o color rosa, lo cual les permitió clasificarlas según su reactividad a la tinción, sin embargo, algunas muestras no pudieron ser analizadas utilizando este microscopio. Se recomienda disponer otro tipo de microscopio portátil en una segunda versión de implementación de este set. Una alternativa más conveniente para los propósitos del curso podría ser la utilización del microscopio de origami *Foldscope*, el cual es un microscopio óptico de bajo costo y validado en ciencia y educación (Cybulski *et al.* 2014).

#### 4.2 Promoción de propuestas didácticas para la enseñanza de la microbiología

Últimamente se ha abordado la necesidad de cambiar la forma en que se imparten los cursos de ciencias en la educación superior, con el objetivo de que los estudiantes comprendan de forma más profunda e integradora los conceptos fundamentales y desarrollen las habilidades científicas necesarias para abordar futuros retos y problemáticas. En la rama de la enseñanza de la microbiología, las nuevas herramientas didácticas han incluido la utilización de plataformas interactivas, redes sociales y metodologías de construcción de conocimiento basado en evidencias científicas (Merkel 2016).

En ese contexto, la propuesta de nuestro equipo, de implementar laboratorios portátiles virtuales para la enseñanza de conocimientos prácticos a estudiantes de microbiología, es una herramienta didáctica novedosa y factible. El set utilizado por los estudiantes les permitió desarrollar, mediante una investigación experimental, una pregunta personalizada en microbiología, y, de esta forma, integrar el conocimiento conceptual de determinados tópicos en base a su curiosidad individual y a los resultados que obtuvieron en sus experimentos. Esta es una herramienta didáctica que, por su sencillez metodológica, incluso se podría proyectar su uso en aulas escolares.

Cabe destacar que la enseñanza de la microbiología en aulas escolares mediante herramientas didácticas innovadoras se ha abordado en diferentes países de Latinoamérica. Se mencionan, a modo de ejemplo, un caso de Chile, con la implementación de laboratorios portátiles de microbiología y biología molecular en formato presencial (<https://laboratoriosportatiles.cl/>), y un caso de Uruguay, con la propuesta de la utilización de cómics para la enseñanza de la microbiología (Morel *et al.* 2019; Scavone *et al.* 2019).

### 5. Conclusión

El aprendizaje de microbiología experimental en un formato virtual en contexto de pandemia, por parte de futuros profesores y profesoras de Biología y Ciencias Naturales, fue posible debido a la implementación sistemática de un set portátil, enviado al domicilio de cada estudiante, y a la asistencia virtual sincrónica de los profesores del curso de microbiología para la indicación de las actividades experimentales.

La experiencia de implementación fue exitosa en términos de los objetivos pedagógicos logrados: i) integración por parte de los estudiantes de conocimientos disciplinares y conceptos específicos impartidos durante las sesiones teóricas del curso de microbiología, ii) adquisición de habilidades y actitudes de pensamiento y

trabajo científico durante la realización de las sesiones prácticas de laboratorio de microbiología experimental, y iii) un trabajo intencionado de elementos relativos a Naturaleza de las Ciencias.

El éxito de esta experiencia le permitió al equipo docente de la carrera reiterar la implementación de sesiones virtuales de laboratorio de microbiología mediante un set portátil para los estudiantes del año académico 2021 y replicar el envío de sets portátiles de laboratorio al domicilio de estudiantes de otros cursos de la carrera.

El aprendizaje adquirido por los docentes a cargo de la actividad curricular servirá para plantear propuestas de mejora cuando se retome el trabajo presencial en la Universidad.

## 6. Agradecimientos

Se agradece a los estudiantes de este curso de microbiología, por su constante motivación para llevar a cabo esta propuesta de implementación de actividades experimentales con la utilización de un set portátil en un formato virtual, y por su consentimiento para la publicación de sus resultados experimentales.

## Bibliografía

- Carrascosa, J., Gil-Pérez, D. y Vilches, A. (2006). Papel de la actividad experimental en la educación científica. *Cad. Brás. Ens. Fis.*, 23(2), 157-181. <https://doi.org/10.5007/%25x>.
- Cofré, H. (2012). La enseñanza de la naturaleza de la ciencia en Chile: del currículo a la sala de clases. *Revista Chilena de Educación Científica*, 11 (1), 12-21. Recuperado de <https://bit.ly/3yQ3j29>.
- Couso, D. (2011). Las secuencias didácticas en la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias: modelos para su diseño y validación. En Caamaño, A. (coord.), *Didáctica de la física y química*. Barcelona: Graó.
- Cybulski J., Clements, J. y Prakash, M. (2014). Foldscope: origami-based paper microscope. *PLoS ONE*. 9(6). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0098781>.
- Dyasi, H. (2014). Enseñanza de la ciencia basada en la indagación: razones por las que debe ser la piedra angular de la enseñanza y aprendizaje de la ciencia. En Dyasi, H., Harlen, W., Figueroa, M., Léna, P., y López, P. *La Enseñanza de la Ciencia en la Educación Básica. Antología sobre Indagación*. (pp. 9-18). México: Innovec. Recuperado de <https://bit.ly/3yPlyoo>.
- Merkel, S. (2016). American Society for Microbiology resources in support of an evidence-based approach to teaching microbiology. *FEMS Microbiol Lett*, 363(16). <https://doi.org/10.1093/femsle/fnw172>.
- Ministerio de Educación de Chile (2019). Progresión de objetivos de aprendizaje para Ciencias Naturales de 7º Básico a 2º Medio. Recuperado de <https://bit.ly/3AMoi6r>.
- Morel, M., Peruzzo, N., Juele, A. y Amarelle, V. (2019). Comics as an educational resource to teach microbiology in the classroom. *Journal Microbiology & Biology Education*, 20(1). <https://doi.org/10.1128/jmbe.v20i1.1681>.
- Rivas, A. (2020). *Pedagogía de la excepción ¿cómo educar en la pandemia?* Universidad de San Andrés. Recuperado de <https://bit.ly/3yPyB9a>.
- Scavone, P., Carrasco, V., Umpiérrez, A., Morel, M., Arredondo, D y Amarelle, V. (2019). Microbiology can be comic. *FEMS Microbiol Lett*, 366(14). <https://doi.org/10.1093/femsle/fnz171>.

- Sjöström, J. y Eilks, I. (2018). Reconsidering different visions of scientific literacy and science education based on the concept of *bildung*. En Y. J. Dori, Z. Mevareach, y D. Bake (Eds.), *Cognition, metacognition and culture in STEM education* (pp. 65–88). Dordrecht: Springer. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-66659-4\\_4](https://doi.org/10.1007/978-3-319-66659-4_4).
- Smith, A. y Hussey, M. (2005). Gram stain protocols. American Society for Microbiology. Washington Recuperado de <https://bit.ly/3APnkGH>.
- Sosa, J. y Dávila, D. (2019). La enseñanza por indagación en el desarrollo de habilidades científicas. *Educación y Ciencia*, 23, 605-624. Recuperado de <https://bit.ly/3xUnSZH>.
- Vásquez-Alonso, A. y Manassero-Mas, M. (2019). La educación de ciencias en contexto: Aportaciones a la formación del profesorado. *Tecné, Episteme y Didaxis: TED*, 46, 15-37. <https://doi.org/10.17227/ted.num46-10538>.

## 7. Anexo

### 7.1 Materiales y métodos

#### 7.1.1 Preparación de las soluciones de los sets portátiles del curso

Se prepararon las siguientes soluciones y reactivos que componen el set portátil:

- Cristal violeta: Se prepararon 100 mL de una solución de cristal violeta al 2% (p/v) en agua. Se prepararon alícuotas de 1 mL de esta solución en tubos Eppendorf, considerando un tubo para cada set.
- Safranina 1% (p/v): Se prepararon 100 mL de una solución de safranina al 1% (p/v) en agua. Se prepararon alícuotas de 1 mL de esta solución en tubos Eppendorf, considerando un tubo para cada set.
- Alcohol-acetona: Se prepararon 500 mL de una solución alcohol-acetona (75% v/v de alcohol y 25% v/v de acetona). Se prepararon alícuotas de 50 mL de esta solución en tubos Falcon, considerando un tubo para cada set.
- Medio de cultivo LB: Se prepararon los componentes del medio LB equivalentes a una solución final del 100 mL. Para esto se añadieron 0,5 g de cloruro de sodio, 0,5 g de extracto de levadura y 1 g de peptona de caseína en una bolsa plástica. Se preparó una bolsa para cada set.
- Medio de cultivo LB-glucosa: Se prepararon los componentes del medio LB equivalentes a una solución final del 100 mL. Para esto se añadieron 0,5 g de cloruro de sodio, 0,5 g de extracto de levadura, 1 g de peptona de caseína y 1 g de glucosa en una bolsa plástica. Se preparó una bolsa para cada set.
- Agar: Se masaron 1,5 g del reactivo agar, equivalentes a una solución de 100 mL y se depositaron en una bolsa plástica. Se prepararon dos bolsas para cada set.

#### 7.1.2 Protocolos de microbiología realizados con el set portátil

Se proporcionaron los siguientes protocolos, que fueron enviados mediante correo electrónico y socializados posteriormente.

##### Protocolo de preparación de piseta con agua destilada

1. Depositar 400 mL de agua destilada en una piseta vacía. Medir ese volumen con un tubo Falcon de 50 mL estéril.
2. Mantener la piseta cerrada a temperatura ambiente.

##### Protocolo de preparación de piseta con etanol 75%

1. Depositar 100 mL de agua destilada en una piseta vacía. Medir ese volumen con un tubo Falcon de 50 mL estéril.
2. Depositar 300 mL de etanol en la misma piseta. Medir ese volumen con el mismo tubo Falcon de 50 mL.
3. Mantener la piseta cerrada a temperatura ambiente.

### Protocolo de preparación de placas Petri con medio de cultivo LB-glucosa-agar

1. Depositar 100 mL de agua destilada en una olla limpia. Medir ese volumen con un tubo Falcon de 50 mL estéril.
2. Verter todo el contenido de la bolsa plástica con medio LB-glucosa en la olla.
3. Verter todo el contenido de una bolsa plástica con agar en la olla.
4. Revolver la olla con una cuchara limpia.
5. Calentar la olla a baño María hasta lograr una consistencia homogénea y nítida de la solución del medio LB-glucosa-agar.
6. Enfriar la olla tapada durante 1 minuto.
7. Verter 20 mL de medio LB-glucosa-agar en una placa Petri abierta. Medir ese volumen con un tubo Falcon de 50 mL estéril. Repetir esto para 5 placas Petri.
8. Esperar a que el medio de cultivo se solidifique y cerrar las placas Petri.
9. Sellar las placas con una tira de papel Parafilm y almacenar en el refrigerador.

### Protocolo de muestreo e inoculación de microorganismos

1. Pasar un cotonito estéril por una superficie desde la cual se quiera muestrear microorganismos.
2. Pasar suavemente el cotonito sobre toda la superficie del medio de cultivo sólido de una placa Petri, realizando el método de siembra por estría.
3. Cerrar la placa Petri, sellar con papel parafilm y almacenarla en un lugar oscuro y que no esté expuesto a grandes fluctuaciones de temperatura y humedad.
4. Dejar la placa almacenada hasta que se observe crecimiento de microorganismos en forma de colonias.

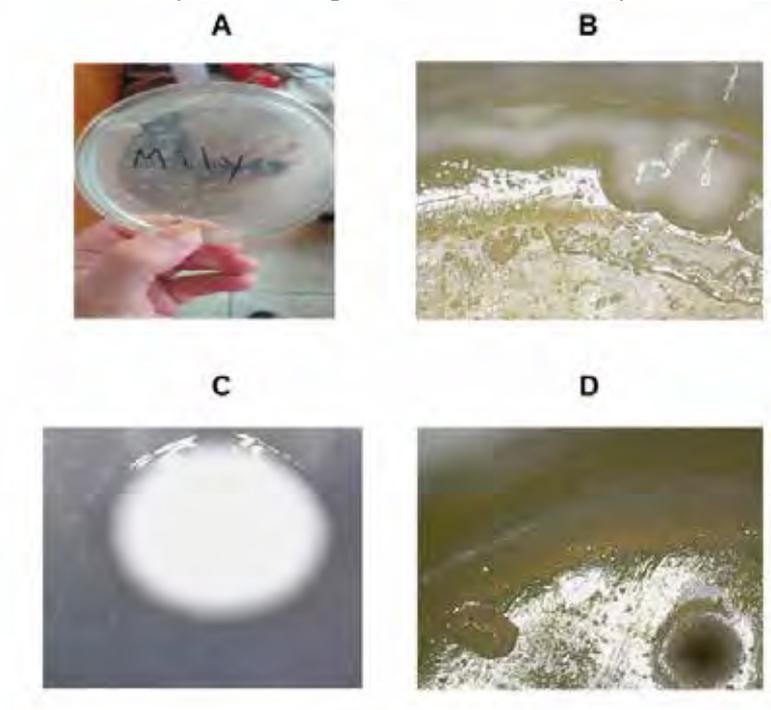
### Protocolo de la técnica de tinción Gram

1. Verter etanol sobre un vaso precipitado.
2. Utilizando la piseta de agua destilada, colocar una gota de agua en el centro de un portaobjeto.
3. Esterilizar el asa bacteriológica con etanol y fuego y flamear en el aire.
4. Abrir una placa que posea microorganismos y enfriar el asa bacteriológica en un sector del agar donde no existan colonias.
5. Contactar el asa bacteriológica con una colonia y arrastrar la colonia con el asa hasta depositarla sobre la gota de agua en el portaobjeto.
6. Mezclar la muestra con la gota de agua y esparcirla por la superficie del portaobjeto para obtener un frotis.
7. Fijar el frotis exponiéndolo a la llama del encendedor hasta que se seque. Evitar que el portaobjeto de vidrio se caliente no haciendo una exposición constante al fuego, si no que intermitente.
8. Cubrir el frotis completamente con cristal violeta (3 gotas) y dejar en reposo durante 3 min.
9. Dejar escurrir el cristal violeta y botar el exceso de colorante con una cantidad mínima de agua.
10. Agregar sobre la muestra una solución de lugol (3 gotas) y dejar en reposo durante 2 min.

11. Dejar escurrir el lugol y botar el exceso de colorante con una cantidad mínima de agua.
12. Lavar el lugol con alcohol-acetona y agua dejando escurrir suavemente, hasta que el frotis se decolore completamente.
13. Cubrir con colorante de contraste, safranina al 1%, durante 1 min.
14. Lavar con agua, dejar escurrir y secar a temperatura ambiente.

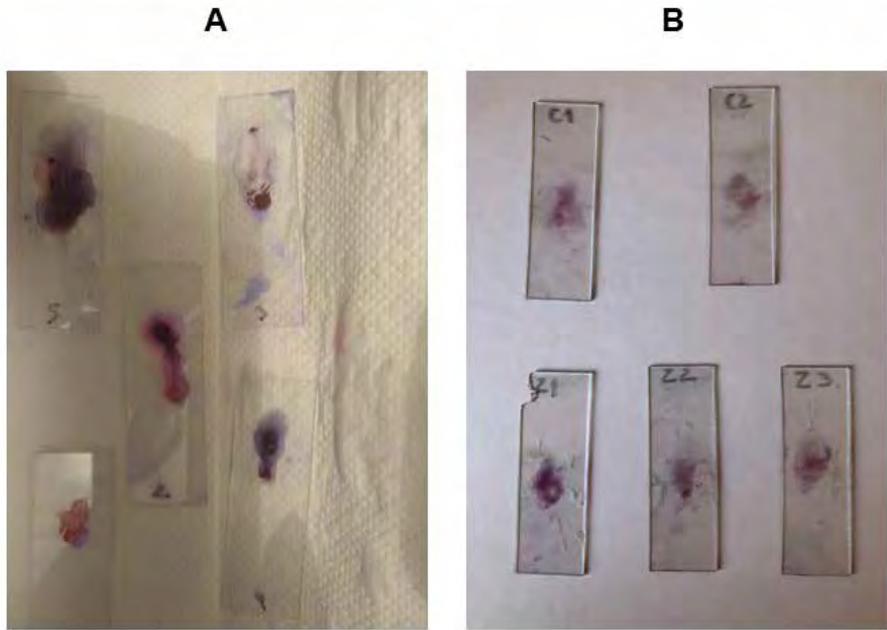
## 7.2 Figuras

**Figura S1.** Características visuales de los microorganismos cultivados en placas Petri con medio LB-glucosa-agar. A. Placa Petri con microorganismos provenientes de saliva de gato (estudiante F. V.). B. Colonia bacteriana de muestra proveniente de saliva de perro (estudiante R. P.). C. Colonia bacteriana de muestra proveniente de saliva de perro (estudiante R. P.). D. Colonia fúngica de muestra proveniente de saliva de perro (estudiante R. P.). Las características visuales de las muestras A-C corresponden a microorganismos tipo bacteria (colonias pequeñas, lisas, planas y de colores blanquecinos). Las características visuales de la muestra D corresponden a microorganismos tipo hongo (colonias de mayor tamaño, rugosidad, crecimiento aéreo y color oscuro).



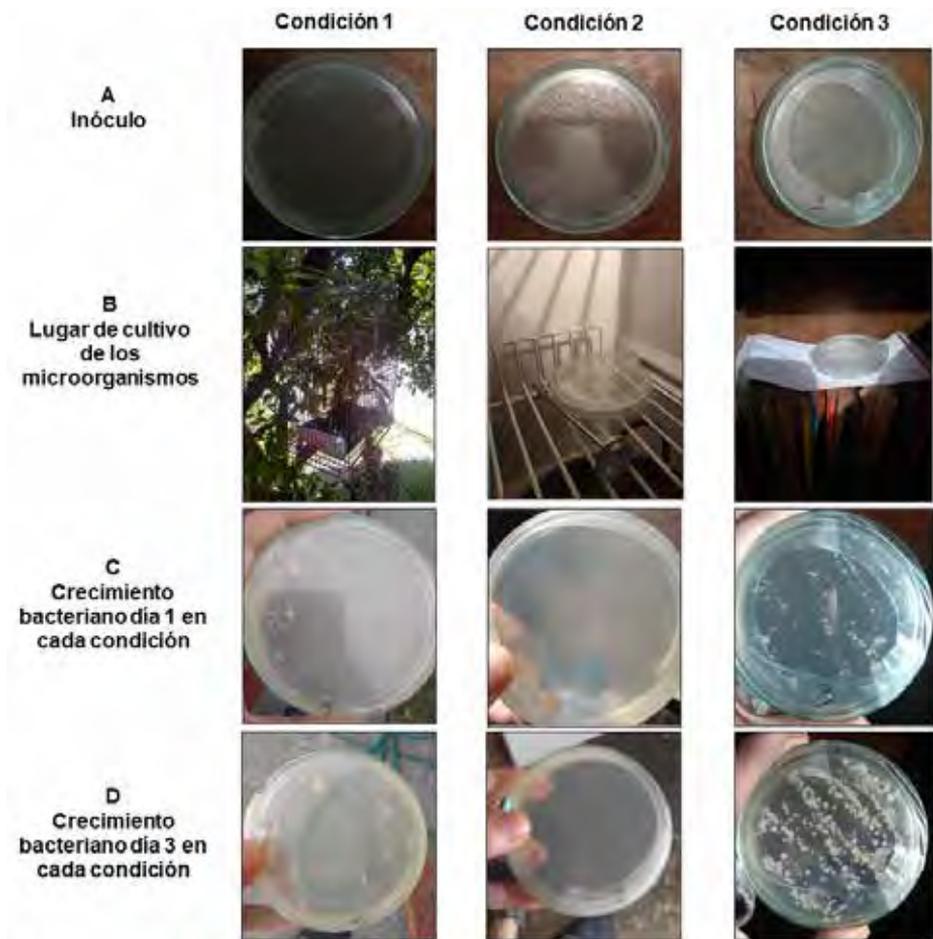
Fuente: Archivo de Iso autores.

Figura S2. Frotis bacterianos teñidos con tinción Gram. A. Frotis de bacterias provenientes de muestra de saliva de perro (estudiante R. G.). B. Frotis de bacterias provenientes de muestra de suela de zapatilla (estudiante C. A.).



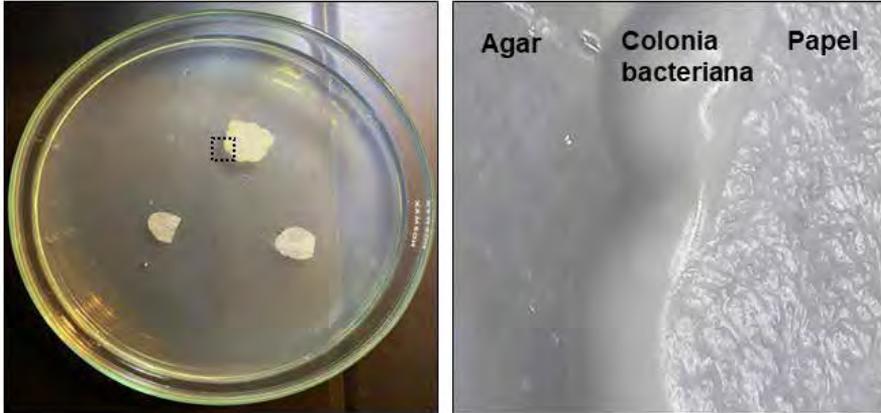
Fuente: Archivo de Iso autores.

**Figura S3.** Esquema fotográfico del diseño experimental secuencial y los resultados obtenidos por el estudiante R. G. para responder la pregunta: ¿Cuál es el rango óptimo de temperatura de crecimiento de bacterias aisladas desde la superficie del fruto de un árbol de naranjas? A, Inóculo de bacterias provenientes de la superficie de naranjas de jardín, en medio sólido LB-glucosa. B, Diferentes lugares donde se depositaron las placas de cultivo durante tres días: jardín (condición 1), refrigerador (condición 2) y estante (condición 3). C, Registro de crecimiento bacteriano en el día 1 de cultivo en las diferentes condiciones. D, Registro de crecimiento bacteriano en el día 3 de cultivo en las diferentes condiciones.



Fuente: Archivo de Iso autores.

**Figura S4.** Resultados obtenidos experimentalmente por el estudiante R. P. para responder la pregunta: ¿Qué concentración de aceite esencial de jengibre inhibe el crecimiento de bacterias provenientes de la cavidad bucal de un humano adulto? En la figura de la izquierda se observa una placa de cultivo con discos de papel embebidos con aceite esencial de jengibre. En la figura de la derecha se observa una ampliación del área dentro del recuadro negro de la figura de la izquierda.



Fuente: Archivo de Iso autores.

**Figura S5.** Resultados obtenidos experimentalmente por el estudiante F. V. para responder la pregunta: ¿El hipoclorito de sodio y el alcohol poseen la misma capacidad antiséptica al aplicarlos sobre la superficie de un mesón? Se observan placas de cultivo con crecimiento bacteriano en las tres condiciones testeadas: control, hipoclorito de sodio 10% p/v y alcohol 75% p/v.



Fuente: Archivo de Iso autores.

**Cómo citar en APA:**

Vargas-Straube, M. J., Gutiérrez, J. C., Soto, J. F. e Isla, E. (2021). Aprendizaje de microbiología experimental en un formato virtual y en contexto de pandemia: una experiencia de implementación de actividades con la utilización de un set portátil en la formación de profesores de Biología y Ciencias Naturales. *Revista Iberoamericana de Educación*, 87(1), 49-71. <https://doi.org/10.35362/rie8714594>



## Aproximación a los estilos y estrategias de enseñanza del profesorado de la ESO y Bachillerato de ciencias experimentales y tecnología: un estudio de caso

Carmen Ropero-Padilla <sup>1</sup> 

Miguel Rodríguez-Arrastia <sup>1</sup> 

Aida Sanahuja Ribés <sup>1</sup> 

<sup>1</sup> Universidad Jaime I (UJI), España

**Resumen.** Los conceptos, los estilos y las estrategias de enseñanza se encuentran íntimamente ligados, quedando supeditados a la experiencia del propio docente. De esta forma, no sólo quedará configurado el aprendizaje del alumnado a partir de las metas que este asuma, sino que estos estilos docentes también tendrán una impronta en diferentes elementos de dicho proceso, como la motivación e implicación en el aprendizaje. El objetivo de este estudio, por tanto, fue conocer los diferentes estilos y su evolución dentro del profesorado de ciencias experimentales y tecnología, así como su impacto en las estrategias de aula. Para ello, se diseñó un estudio cualitativo descriptivo de corte fenomenológico, a partir de un estudio de caso. Se realizaron un total de 6 entrevistas a profesores/as de diferentes niveles educativos dentro del área de ciencias experimentales y tecnología, acompañadas de observaciones no participantes en el aula y análisis documental. Los resultados mostraron datos interesantes sobre el uso de diferentes estilos de enseñanza, más cercanos a un estilo mixto a estrategias de aprendizaje cooperativas. Como conclusión, merece especial atención la evolución de los participantes hacia estilos y estrategias más activas, aunque queda pendiente la tarea de profundizar en el proceso de evaluación y reflexión docente. **Palabras clave:** ciencias experimentales; entrevistas; estilos de enseñanza; estrategias de enseñanza; profesorado.

### *Uma aproximação aos estilos e estratégias de ensino dos professores da Educação Secundária Obrigatória (ESO) e do Ensino Médio (Bachillerato) em ciências experimentais e tecnologia: um estudo de caso*

**Resumo.** Os conceitos, estilos e estratégias de ensino estão intimamente ligados, estando sujeitos à própria experiência do professor. Desta forma, não só a aprendizagem dos alunos será configurada pelos objetivos que eles assumem, mas também os estilos de ensino terão um impacto em diferentes elementos deste processo, como a motivação e o envolvimento na aprendizagem. Portanto, o objetivo deste estudo era conhecer os diferentes estilos e a sua evolução nos professores de Ciências Experimentais e Tecnologia, bem como o seu impacto nas estratégias de sala de aula. Para este fim, foi elaborado um estudo qualitativo, descritivo e fenomenológico, com base num estudo de caso. No total, foram realizadas 6 entrevistas com professores de diferentes níveis educacionais na área de Ciências Experimentais e Tecnologia, acompanhadas de observações em sala de aula de não participantes e análise documental. Os resultados mostraram dados interessantes sobre o uso de diferentes estilos de ensino, mais próximos de um estilo misto do que de estratégias de aprendizagem cooperativa. Em conclusão, merece atenção especial a evolução dos participantes em direção a estilos e estratégias mais ativas, embora a tarefa de aprofundar o processo de avaliação e reflexão dos professores ainda esteja pendente.

**Palavras-chave:** ciências experimentais; entrevistas; estilos de ensino; estratégias de ensino; professores

### *An approach to teaching styles and strategies for experimental sciences in CSE and Bachelor: a case study*

**Abstract.** Concepts, styles, and teaching strategies are strongly intertwined and are influenced by the experience of the teacher. In this manner, not only will student learning be configured on the basis of the goals that they assume, but these teaching styles will also have an impact on different elements of this process, such as motivation and engagement in learning. Thus, the aim of the study was to explore different teaching styles and their evolution in the area of experimental sciences and technology, as well as their impact on teaching strategies used within the classroom. To this end, a qualitative descriptive study with a phenomenological approach was designed, based on a case study. A total of 6 interviews were carried out with teachers of different educational levels within the area of experimental sciences and technology, as well as non-participant observations in the classroom and documental analysis. The results showed interesting data about the use of different teaching styles, closer to a mixed style and a cooperative learning strategy. In conclusion, the change towards more active styles and strategies deserves special attention, although the challenge of deepening the teacher assessment and reflection process remains.

**Keywords:** experimental sciences; interviews; teachers; teaching strategies; teaching styles

## 1. Introducción

Hoy día, la enseñanza en ciencias no queda relegada exclusivamente a llevar las propuestas curriculares al aula, sino que implica también una necesidad de conectar con el alumnado. Un alumnado que cada vez es más diverso y donde se requiere que el profesorado actúe como mediador, entre otros aspectos, para promover aprendizajes significativos y el desarrollo de habilidades, actitudes y valores a través de sus estilos y estrategias de enseñanza (García-Cué *et al.*, 2012; González-Peiteado, 2013).

### 1.1 De una enseñanza tradicional o académica a una enseñanza moderna o activa

Diferenciar explícitamente entre enseñanzas tradicionales o académicas y enseñanzas activas o modernas no parece ser del todo correcto, dado que las llamadas "enseñanzas modernas" no son algo realmente novedoso, contando con más de un siglo de antigüedad (Brailovsky, 2018). A pesar de ello, este es un concepto que parece encontrarse aún bastante arraigado entre los docentes y, por ello, conviene diferenciar y definir ambos conceptos. Por un lado, los procesos de enseñanza-aprendizaje con una estrategia mayoritariamente expositiva, desarrollados a través de procesos repetitivos de transmisión de conocimientos, constituyen los modelos pedagógicos denominados como tradicionales, limitando en gran medida los procesos de resolución de problemas y la investigación por parte del alumnado, así como cualquier proceso de creatividad (Parra-Pineda y Bustamante-Ramírez, 2003). De esta manera, en la enseñanza académica o pasiva, el profesorado transmite la información para una lección específica mientras el alumnado la recibe de forma pasiva, sentado, escuchando, copiando, memorizando y repitiendo lo que el docente dice o ha dicho. En definitiva, la transmisión de conocimiento queda enfocada desde el profesorado al estudiantado (Ivic, 2016)".

Por el contrario, la enseñanza activa o centrada en el alumnado, implica que los profesores trabajen junto al alumnado para seleccionar los objetivos de enseñanza y las tareas basadas en problemas reales, así como en los conocimientos previos del estudiante, sus experiencias e intereses. Este tipo de enseñanza está enfocada al desarrollo de habilidades y competencias, fomentando estrategias cognitivas de un nivel elevado como la resolución de problemas, así como recoger, clarificar, interpretar y transmitir información. En este contexto, el alumnado toma la responsabilidad de su aprendizaje, buscando conocimiento de manera activa, construyéndolo y dándole significado. Esta forma de enseñar, por ende, crea las condiciones necesarias para preparar al alumnado para una vida activa dentro de la sociedad en la que se relaciona (Alonso *et al.*, 2012; Ivic, 2016), al mismo tiempo que se fomenta la denominada competencia científica en el alumnado, esto es, aprender a conocer, hacer, hablar o saber de ciencia (Cañal de León, 2012; Cañas *et al.*, 2014; García-Barros *et al.*, 2021; Verde-Romera *et al.*, 2017).

Al hilo de lo planteado, si bien es verdad que en la práctica el concepto de enseñanza y aprendizaje no se suelen separar, parece oportuno centrarse en definir concretamente qué se entiende por estrategias de enseñanza, dada su importancia en el propio proceso de aprendizaje del alumnado. De esta manera, Montes de Oca-Rocio y Machado-Ramírez (2011) definen las estrategias de enseñanza como los

procedimientos utilizados por el docente para promover aprendizajes significativos. A razón de esta definición, las estrategias de enseñanza deben guiar las acciones del estudiante para conseguir las diferentes metas de aprendizaje, además de ser flexibles y adaptativas a las distintas circunstancias de enseñanza, en vez de acciones automáticas y rígidas (Parra-Pineda y Bustamante-Ramírez, 2003).

En este sentido, dentro de las taxonomías de estrategias de enseñanza-aprendizaje, se encuentran aquellas centradas en el alumno, las centradas en el docente, las centradas en el proceso y las centradas en el objeto de conocimiento. Entre todas ellas, las estrategias centradas en el alumnado parecen señalarse como las más efectivas para un aprendizaje significativo, como pueden ser el método de problemas, de casos, de indagación, de proyectos, educación STEM o juegos de roles, entre otros, fundamentándose en el autoaprendizaje, así como en el desarrollo del pensamiento y el razonamiento crítico (Aguilera *et al.*, 2021; Azorín-Abellán, 2018). Asimismo, las metodologías participativas parecen incidir de manera favorable en aspectos cognitivos (rendimiento académico), afectivos (actitud hacia la ciencia) y procedimentales (método científico) de los estudiantes (Aguilera-Morales y Perales-Palacios, 2016). No obstante, y en relación con la aplicación de esta enseñanza, cabe destacar el informe TALIS, donde se señalan diversos aspectos que pueden influir y dificultar la calidad de esta. Entre ellos, se subrayan la escasez de personal de apoyo, la dificultad de poder alcanzar una equidad en alumnado con necesidades educativas especiales por falta de profesorado e inadecuación de espacios y materiales, así como una falta de capacitación para la enseñanza en entornos multiculturales y plurilingües (Ministerio de Educación y Formación Profesional, 2019). Como apuntan González-Peiteado y Pino-Juste (2016), tampoco se puede obviar la existencia de diferencias individuales dentro de los estilos de enseñanza, como son los valores, ideas, técnicas, métodos y experiencias propias que terminan moldeando el estilo de enseñanza particular de cada docente. Todo ello hace que el docente se relacione con los elementos didácticos de una determinada manera, influyendo irremediabilmente y de manera significativa en el aprendizaje del alumnado, así como en la calidad del proceso. En este sentido, existen diferentes perspectivas para analizar el pensamiento y las conductas del profesorado, su evolución y el impacto en el aprendizaje. En relación con el pensamiento, relacionado con las creencias que tiene el profesorado, se puede analizar a través de los “modelos didácticos”, mientras que el análisis relacionado con las conductas, es decir, relacionado con las estrategias llevadas a cabo por el profesorado, se puede describir mediante los “estilos de enseñanza” (Contreras-Palma, 2009; Martínez-Aznar *et al.*, 2002).

### 1.2 Delimitación conceptual: estrategias y estilos docentes

Como plantean García-Cué *et al.* (2012) en su trabajo sobre la mejora en el proceso de enseñanza-aprendizaje, las estrategias y los estilos docentes se encuentran íntimamente relacionados, quedando en gran parte supeditadas las estrategias de enseñanza a cómo el docente considera que el alumnado puede adquirir, almacenar y utilizar el conocimiento. En este contexto, la clasificación elaborada por Delgado-Noguera (1996) cobra especial interés, sugiriendo una gradación en la cercanía a un estilo global activo, según se incorporen más o menos dimensiones o componentes del enfoque. Tal y como queda reflejado en su trabajo, este marco teórico permite

diferenciar entre un estilo académico y un estilo activo, integrando en este último otros estilos como el reflexivo, individualizador, cooperador, indagador e innovador (Tabla 1). Así, se considera que cada docente puede tener un estilo predominante, pudiendo además combinarse con otros estilos para poder adaptarse a las particularidades de los estudiantes al no ser estilos excluyentes entre sí (Delgado-Noguera, 1991).

Tabla 1. Estilos de enseñanza y sus características

Estilos	Características
Estilo académico o tradicional	<ul style="list-style-type: none"> <li>Se ampara en el orden, la tarea y el control exhaustivo</li> <li>El docente toma las decisiones</li> <li>No se potencia la participación activa</li> <li>No existe individualización, sino respuesta colectiva</li> <li>No promueven relaciones afectivas</li> </ul>
Estilo reflexivo	<ul style="list-style-type: none"> <li>Se promueve una mayor autonomía en el alumnado</li> <li>Los alumnos intervienen en la toma de decisiones</li> <li>Se favorece la implicación de los alumnos en el proceso de aprendizaje: aprender a pensar</li> <li>Se confiere más libertad al alumno con la intención de facilitar mayor capacidad analítica, independencia de criterio y espontaneidad</li> </ul>
Estilo indagador	<ul style="list-style-type: none"> <li>Docente como guía</li> <li>Se promueve la actitud de curiosidad</li> <li>Se favorecen el aprendizaje por descubrimiento, la capacidad crítica y la toma de decisiones</li> <li>Se traslada a situaciones reales el proceso de resolución de problemas</li> </ul>
Estilo cooperador	<ul style="list-style-type: none"> <li>Se promueven la cooperación y la solidaridad a través de la práctica del trabajo grupal</li> <li>Se fomentan la responsabilidad y un clima de cordialidad</li> </ul>
Estilo individualizador	<ul style="list-style-type: none"> <li>Se persigue atender individualmente al alumnado y proporcionar una enseñanza que tenga en cuenta sus intereses, motivaciones y capacidades</li> <li>La enseñanza se adapta al periodo evolutivo y al grado de madurez adquirida del estudiante</li> <li>La organización del espacio y el tiempo permite actividades grupales e individuales</li> <li>Existe flexibilidad en los programas educativos</li> <li>El docente hace uso de la retroalimentación de manera inmediata</li> </ul>
Estilo innovador	<ul style="list-style-type: none"> <li>Se promueve conseguir un aprendizaje activo y espontáneo</li> <li>Se respeta el empleo de respuestas inusitadas e ideas originales</li> </ul>

Fuente: extraído de Delgado-Noguera (1991).

En esta línea, estudios como el de Domingo-Roget (2020) o González-Peiteado y Pino-Juste (2016) empiezan a dibujar en sus resultados la importancia del estilo docente utilizado. De este modo, se señalan los estilos activos como los preferidos por sus participantes, más concretamente los estilos innovador, cooperativo y reflexivo. Todos ellos se relacionan con la espontaneidad, trabajo en grupo, capacidad productiva y situaciones de resolución de problemas, análisis y toma de decisiones.

De la misma manera, autores como Monarca y Rappoport (2017) profundizan en los tipos de metas que asume el alumnado, así como en su relación con la implicación y motivación de éste en el aprendizaje. De esta manera, estos factores se verán modificados, dependiendo de si el alumnado adopta una meta de rendimiento o de aprendizaje (Navas *et al.*, 2016). No obstante, gran parte de la literatura (García-Fraile y Rojas-Aguilera, 2018; Morales y Camacho-Verdugo, 2020) se ha centrado en el análisis de las estrategias de enseñanza desde la figura del alumnado, observando una escasez en la misma sobre las experiencias y percepciones de los propios docentes en los niveles de secundaria y bachillerato. Por ende, según apuntan Jiménez-Tenorio y Oliva-Martínez (2016) resulta importante disponer de tareas formativas encaminadas a abordar las estrategias didácticas en las ciencias experimentales y tecnología para poder implementar propuestas didácticas innovadoras. Con todo lo comentado hasta el momento, parece importante conocer cuáles son los estilos de enseñanza predominantes a través de la autopercepción de los propios docentes y, sobre todo, explorar cómo han ido adaptándose a lo largo de su carrera profesional para intentar conseguir una enseñanza de calidad.

## 2. Objetivos

El propósito de este estudio, por tanto, fue conocer la caracterización global de distintas dimensiones de pensamiento o acción docente entre el profesorado de Ciencias Experimentales y Tecnología (Biología y Geología, Física y Química, Tecnología e Informática) (CCEE) dentro de la Educación Secundaria Obligatoria (ESO) y Bachillerato de un Instituto de Educación Secundaria (IES) de Castellón, a través de las experiencias y perspectivas de los docentes, y cómo estos estilos influyen en las estrategias utilizadas en el aula.

## 3. Metodología

### 3.1 Diseño

Con el fin de alcanzar el objetivo planteado, se realizó un estudio cualitativo descriptivo de corte fenomenológico, utilizando como referencia el marco teórico de Delgado-Noguera (1996). El estudio se basó en el análisis de contenido de las experiencias y perspectivas de los docentes de CCEE y Tecnología, en el uso de estrategias y estilos de enseñanza utilizadas a lo largo de su carrera profesional como docentes (Creswell y Creswell, 2018). Cabe señalar que el objetivo principal de la investigación cualitativa es entender de manera más amplia un determinado fenómeno educativo (Jorrín-Abellán *et al.*, 2021; Sandín-Esteban, 2003). En este caso y dentro de una investigación cualitativa (Fernández-Navas y Postigo-Fuentes, 2020), se optó por un estudio de caso, con la intención de poder comprender la realidad particular de una experiencia y un contexto determinado (Álvarez-Álvarez y San Fabián-Maroto, 2012). Más aún, cabe señalar que el estudio de caso que se presenta en este trabajo se trata de un estudio intrínseco, ya que éste viene dado e interesa comprender particularmente este fenómeno (Simons, 2009; Stake, 1998).

### 3.2 Participantes y contexto

El estudio se llevó a cabo en un instituto público en la provincia de Castellón de la Plana (España), entre los meses de enero y marzo de 2020. Este instituto ofrece 3 niveles educativos diferentes: Educación Secundaria Obligatoria, Bachillerato en las modalidades de Humanidades y Ciencias Sociales, Artes y Ciencias y Tecnología, así como Formación Profesional Básica de Electricidad y Electrónica. Concretamente, el estudio se realizó con el profesorado que impartía docencia en los diferentes niveles de ESO y Bachillerato con un itinerario de CCEE y Tecnología. En relación con las asignaturas incluidas dentro de este itinerario, se encontrarían Biología y Geología; Física y Química; Anatomía Aplicada; Informática y Tecnología (Generalitat Valenciana, 2020).

El tipo de muestreo fue intencional, criterial y por conveniencia. Los criterios de inclusión que se establecieron englobaban que (i) fuesen profesorado de los niveles educativos de ESO o Bachillerato, (ii) que estuviesen impartiendo docencia en el momento del estudio en el itinerario de CCEE y Tecnología y (iii) accediesen a participar en el estudio. Finalmente participaron 6 profesores/as de diferentes niveles educativos, con docencia desde primero de ESO hasta segundo de Bachillerato, divididos de forma equitativa entre hombres ( $n=3$ , 50%) y mujeres ( $n=3$ , 50%). El rango de edad de los participantes se encontraba entre 38 y 59 años ( $52\pm 9,07$ ). En cuanto a la experiencia laboral de los mismos, la media se encontraba en  $24,33\pm 11,84$  años. Los detalles sociodemográficos quedarían resumidos en la Tabla 2.

Tabla 2. Características sociodemográficas

	Edad	Sexo	Experiencia laboral (años)	Especialidad en CCEE y Tecnología	Situación laboral	Nivel de estudios alcanzado
P01	43	Mujer	8	Física y Química	Sustitución	Licenciatura
P02	38	Mujer	12	Informática	Fija	Licenciatura
P03	59	Hombre	36	Biología y Geología	Fijo	Máster
P04	58	Mujer	30	Biología y Geología	Fija	Licenciatura
P05	57	Hombre	25	Biología y Geología	Fijo	Licenciatura
P06	57	Hombre	35	Biología y Geología	Fijo	Doctorado
Media $\pm$ SD	52 $\pm$ 9,07		24,33 $\pm$ 11,84			

SD: Desviación típica

La observación no participante tuvo lugar en dos aulas con docentes diferentes que impartían la asignatura de Biología y Geología. Los docentes seleccionados fueron el P04 y el P06. En este sentido, una de las aulas correspondía al curso académico de cuarto de ESO, con un total de 25 alumnos/as, y la otra aula era de segundo de ESO con 24 alumnos/as.

### 3.3 Instrumento y procedimiento de recogida de datos

Siguiendo el esquema para estudio de casos en la investigación educativa de Martínez-Bonafé (1988), las fases que se llevaron a cabo durante el procedimiento de la investigación quedarían detalladas de la siguiente manera:

- *Fase preactiva*: en esta fase se planteó el marco teórico que conduce esta investigación y se establecieron los objetivos a abordar. Por otro lado, el centro y los participantes fueron elegidos por cumplir los criterios de inclusión mencionados anteriormente. En este periodo, se solicitó el consentimiento del centro, el consentimiento informado para los docentes, se confeccionaron los instrumentos de recogida de datos, así como el proyecto de investigación para la Comisión Deontológica de la Universidad Jaume I.
- *Fase interactiva*: durante esta fase, se realizó la recogida de datos una vez que los docentes accedieron a participar de manera voluntaria e hicieron entrega del consentimiento informado, junto a un formulario de datos sociodemográficos. Para la recogida de datos, se llevó a cabo una entrevista con cada docente en el día y hora pactados con cada uno/a según su disponibilidad (Anexo). Estos datos se fueron analizando durante la recogida de datos hasta que se alcanzó la saturación de estos. Asimismo, se recolectaron diferentes documentos propios de sus prácticas docentes con el objetivo de realizar un análisis documental de los mismos, focalizando la observación en 2 aulas diferentes con docentes que impartían la asignatura de Biología y Geología.
- *Fase postactiva*: en esta última fase se elaboró la transcripción literal de las entrevistas realizadas, asignando un sistema de códigos para la identificación de los datos. Tras ello, el análisis de los datos se confeccionó mediante el software ATLAS.ti (explicado más ampliamente en el apartado *Análisis de datos*). Terminado este análisis, se elaboró la redacción de los resultados y se consultaron con los diferentes docentes para que tuvieran la oportunidad de proponer, detallar o rectificar aquello que considerasen oportuno.

Como se ha venido comentando, los datos se recogieron haciendo uso de una entrevista semiestructurada elaborada a partir de la literatura revisada (Kallio *et al.*, 2016), permitiendo la manifestación abierta de los entrevistados. La entrevista en la investigación cualitativa trata de obtener información mediante una conversación, con la intención de elaborar un estudio analítico de la investigación (Ruiz-Olabuénaga, 2012). En este estudio, las entrevistas se realizaron de manera individual, llevando a cabo preguntas relacionadas con la práctica docente. Cabe destacar entre ellas, la formación académica y continua, años de experiencia laboral como docente, situación laboral, experiencia en el uso de estrategias de enseñanza y gestión del aula, uso de recursos materiales y humanos, así como el tipo de evaluación y el uso de la autoevaluación en la práctica docente, entre otras.

Tabla 3. Datos recogidos en la investigación

Instrumento	Fuente	Contenido	Soporte
Entrevista	Docente 1	Entrevista	Grabación audio: 34:58 minutos
	Docente 2	Entrevista	Grabación audio: 38:50 minutos
	Docente 3	Entrevista	Grabación audio: 32:55 minutos
	Docente 4	Entrevista	Grabación audio: 35:25 minutos
	Docente 5	Entrevista	Grabación audio: 40:52 minutos
	Docente 6	Entrevista	Grabación audio: 37:14 minutos
Observación no participante	Situación del aula	Laboratorio	Sesión nº3: diario de campo (Docente 4)
			Sesión nº5: diario de campo (Docente 6)
		Estrategias de aprendizaje cooperativo	Sesión nº7: diario de campo (Docente 4)
Observación no participante	Situación del aula	Estrategias de aprendizaje cooperativo	Sesión nº2: diario de campo (Docente 6)
			Sesión nº8: diario de campo (Docente 4)
			Sesión nº10: diario de campo (Docente 6)
		Debates	Sesión nº12: diario de campo (Docente 4)
Análisis documental	Documentos o materiales	Fichas actividades grupales	5 fichas de actividades (Docente 4)
		Murales "Las capas de la tierra"	1 mural por grupo realizado por el alumnado (Docente 6)
		Carteles "Animales vertebrados e invertebrados"	1 cartel por grupo realizado por el alumnado (Docente 6)
		Actividad de gamificación "El cuerpo humano"	Juego de mesa y reglas del juego elaborado por el alumnado (Docente 4)
		Rúbrica evaluación trabajos escritos	Copia en formato digital (Docentes 4 y 6)
		Rúbrica evaluación exposición oral	Copia en formato digital (Docentes 4 y 6)
		Rúbrica evaluación de laboratorios	Copia en formato digital (Docentes 4 y 6)
		Rúbrica de evaluación funcionamiento y comportamiento del grupo	Copia en formato digital (Docentes 4 y 6)
		Rúbrica evaluación de libretas	Copia en formato digital (Docentes 4 y 6)

En cuanto a la observación científica, cabe destacar que se contempló como un proceso de atención meticuloso y metódico del fenómeno de estudio (Ruiz-Olabuénaga, 2012). La observación realizada fue no participante (Fuentes-Camacho, 2011). Para el seguimiento de las observaciones, se hizo uso de un diario de campo donde se llevaron a cabo anotaciones descriptivas y objetivas sobre el contexto del aula, la relación entre profesorado y alumnado o las diferentes estrategias de enseñanza desarrolladas, entre otros elementos (Rekalde *et al.*, 2014). Por último, en relación con el análisis documental, éste se llevó a cabo con el objetivo de complementar las entrevistas de los docentes, previamente mencionadas, aportando evidencias documentales (Martínez-Bonafé, 1988). A continuación, en la Tabla 3, se muestran todos los datos recogidos en esta investigación.

### 3.4 Análisis de datos

Todas las anotaciones y grabaciones fueron transcritas e incorporadas a unidades hermenéuticas de análisis, para ser analizadas con la ayuda del programa informático ATLAS.Ti (v9.0). Posteriormente, se realizó un análisis de contenido deductivo siguiendo los pasos de Colaizzi (Rapley, 2014). En primer lugar (i) se realizó un proceso de familiarización a través de la lectura de todas las transcripciones, (ii) identificando las citas significativas en cada entrevista. A continuación, (iii) se realizó la condensación de los enunciados en unidades de significado, antes de (iv) agruparlas en temas comunes. Asimismo, se realizó (v) una descripción del fenómeno, incorporando los temas elaborados en el paso anterior, a través de una (vi) estructura fundamental que condensase los aspectos claves del fenómeno de estudio. Por último, (vii) la estructura fue revisada por los propios participantes, modificando o confirmando la estructura realizada.

Como criterios de elaboración metodológicos, se siguieron los criterios COREQ para investigación cualitativa (Tong *et al.*, 2007). Del mismo modo, se siguieron unos criterios de conciencia interpretativa y descripción exhaustiva de los datos recogidos a través de entrevistas al profesorado, observaciones no participantes y análisis de documentos para asegurar la validez y triangulación de estos. Estos criterios fueron llevados a cabo por dos investigadores (CR, MR) durante el análisis de contenido de los resultados. En caso de discrepancia, estos investigadores consultaron a una tercera investigadora (AS) para mantener la fiabilidad y congruencia de los mismos (Noble y Smith, 2015). El sistema de códigos utilizados para la identificación de los diferentes datos obtenidos se recoge en la siguiente tabla (Tabla 4).

Tabla 4. Codificación para la identificación de los datos

Técnica	Instrumento	Informante
Entrevista semi-estructurada (E)	Guion de preguntas	Profesorado (P)
Observación no participante (O)	Diario de Campo (DC)	
Análisis documental (AD)	Documentos (DO)	

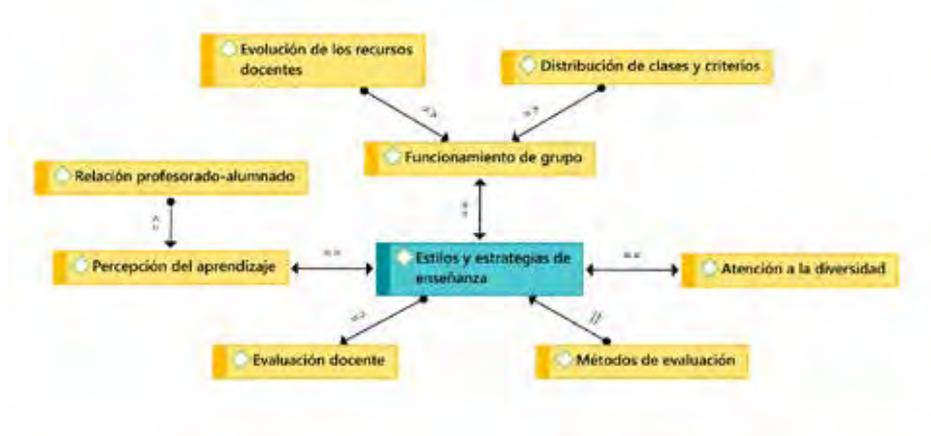
### 3.5 Aspectos éticos de la investigación

Teniendo en cuenta las cuestiones éticas propias de una investigación inclusiva (Parrilla-Latas, 2017) y cumpliendo con los estándares establecidos en este tipo de investigaciones (AERA Council, 2011), se solicitó y se obtuvo el informe favorable por parte del Comité Deontológico de la Universidad Jaume I (CD/19/2020) antes de comenzar el proceso de investigación. Asimismo, y de forma previa al estudio, se facilitó el consentimiento informado a los participantes (Darretxe *et al.*, 2020), adaptado a partir de Sales *et al.* (2019). Además de los principios éticos para la investigación en seres humanos acordados en la declaración de Helsinki y sus posteriores revisiones, en el proceso de recogida de datos se garantizó el anonimato, privacidad y confidencialidad de los mismos.

## 4. Resultados

Los resultados que se presentan dan respuesta al objetivo propuesto en esta investigación. De este modo, a partir del análisis de las unidades de significado, emergieron un conjunto de subtemas con similitudes conceptuales y, en último lugar, unos temas principales representados a partir de una red de relaciones semánticas (ver Figura 1). Asimismo, se seleccionaron un número de citas representativas para visualizar las ideas principales sobre los estilos y estrategias de enseñanza por parte de los docentes que participaron en el estudio.

Figura 1. Red de relaciones semánticas entre códigos



=>: es causa de; ==: está asociado con; [: es parte de

### 4.1 La puesta en práctica de las estrategias de enseñanza

Este primer tema aglutina tanto la evolución en la organización que lleva a cabo el profesorado que imparte asignaturas en el ámbito de CCEE y Tecnología, como las diferentes dinámicas de clase y distribuciones utilizadas. De este modo, estos resultados revelan cómo las experiencias de los docentes influyen de forma determinante en el uso de recursos docentes para adaptarse a la variabilidad entre grupos de alumnos/as.

#### 4.1.1 La necesidad del grupo como punto de partida

Para la mayoría del profesorado, sus estrategias de enseñanza han ido cambiando no sólo a lo largo de su carrera profesional sino también en función de las necesidades que se iban encontrando en el alumnado (**estilo reflexivo**):

“Cuando empecé utilizaba fichas guiadas. Eso funcionaba, aparentemente, pero luego si les daba una ficha más abierta no eran capaces de hacerla porque estaban acostumbrados a un trabajo guiado. Así que intento presentar un proyecto abierto, para cada vez ir dándoles un poco más de autonomía. Yo me centro en que el alumno aprenda, que avancen un poquito” (E\_P2)

Como indican la mayoría de los participantes, existe una necesidad de usar diferentes dinámicas en las clases, pero es necesario combinarlas (**estilo reflexivo e individualizador**). No todo sirve para todo, sino que hay que buscar aquellas que funcionan según el momento, la temática y el grupo de estudiantes a quienes van dirigidas:

“A mí me encanta explicar y sentir que los demás están aprendiendo, pero la verdad es que, dependiendo de en qué edades, necesitas utilizar otras estrategias para que ellos se motiven” (E\_P4)

#### 4.1.2 Metodologías de enseñanza aplicadas en el aula

En relación con las estrategias de enseñanza desarrolladas dentro del aula, los participantes describieron algunas que hacen referencia a estrategias de aprendizaje cooperativo, tanto de estructuras simples como complejas (**estilo cooperativo**):

“Como mi asignatura muchas veces es teórica, la lectura compartida me gusta mucho. Después de una lectura compartida, pregunto y la nota es igual para todos los del grupo, con lo cual todos tienen que estar atentos. Es una manera muy rápida de dar teoría. Y el Puzle de Aronson también me gusta mucho” (E\_P6)

Asimismo, mediante la observación y el seguimiento en las aulas se pudo contemplar el uso de estrategias integrales, además de estrategias de aprendizaje cooperativo (**estilo individualizador, innovador y cooperativo**):

“Los alumnos están distribuidos en grupos donde cada uno tiene diferentes tareas. Uno de los grupos está elaborando preguntas relacionadas con el tema para confeccionar las tarjetas de un juego final que se denominará “El cuerpo humano”, otro grupo está elaborando las fichas y el tablero, y el último grupo está desarrollando las reglas del juego. La actividad a realizar por cada grupo rota en cada sesión” (O\_DC-Sesión nº7)

De la misma manera, durante las sesiones se desarrollaron estrategias de aprendizaje cooperativo que combinaban los grupos de investigación con un debate final (**estilo reflexivo, indagador y cooperativo**):

“Los alumnos están repartidos por grupos. Cada grupo debe buscar información relacionada con el nuevo virus, COVID-19, sobre cómo actúa, qué se conoce, cómo se puede prevenir el contagio, posible cura, entre otros aspectos” (O\_DC-Sesión nº10)

“Los alumnos están distribuidos en círculo con las anotaciones recogidas durante el proceso de investigación de la sesión anterior, debatiendo sobre los diferentes puntos planteados. Se escuchan entre ellos y discuten las diferentes fuentes de información, así como la información contrapuesta que presenta cada uno de los estudiantes” (O\_DC-Sesión nº12)

#### 4.1.3 La distribución de clase como base en la enseñanza

Como comentaban la mayoría de los participantes, no todos los grupos trabajan igual o las mismas estrategias de enseñanza funcionan en todos los grupos. Tal y como señalan estos docentes, los agrupamientos y las modalidades de trabajo adquieren un papel importante dentro de sus estrategias de enseñanza, dependiendo especialmente de la planificación de la sesión o sesiones (**estilo cooperativo**):

“Hay dinámicas grupales que son una sesión de clase y otras de dos. Luego, en otras asignaturas, estas dinámicas grupales se prolongan durante semanas, donde solemos hacer trabajos más largos y elaborados” (E\_P1)

Así, la variabilidad en estas sesiones suele oscilar fundamentalmente entre una distribución grupal e individual (**estilo individualizador**):

“Hay actividades que son individuales y actividades grupales, dependiendo de la actividad. Por ejemplo, un mural, a lo mejor con dos es suficiente y si es una cosa más compleja, ya son grupos de tres o cuatro” (E\_P3)

En este sentido y curiosamente, un criterio común para la formación de grupos que aparece en la mayoría de los participantes es la necesidad de formación de grupos heterogéneos, favoreciendo el aprendizaje vicario y aprendizaje entre iguales (criterio académico) (**estilo reflexivo y cooperativo**):

“Intento aplicar técnicas de juntar al que sabe con el que no. Intento que sean agrupaciones donde haya alguien que sea más hábil con alguien que no lo sea. Que no sea hábil a nivel de informática, no significa que no sea hábil en aportar ideas, con lo cual el tándem suele ser positivo” (E\_P2)

“Los alumnos han realizado un mural de manera grupal sobre los animales vertebrados e invertebrados. En los murales hay diferentes animales en forma de “recortables” donde vas levantando las diferentes capas y puedes observar los órganos, el esqueleto, etc.” (AD\_DO)

La necesidad de formar estos grupos surge especialmente para fomentar las fortalezas del alumnado y poder trabajar de forma activa aquellos aspectos susceptibles de mejora de una manera más cercana (criterio personal) (**estilo reflexivo y cooperativo**):

“En todos los grupos hay tímidos. Debes colocar a gente muy activa, sabiendo que si pones a dos activos juntos van a explotar. En realidad, el grupo funciona si es diverso. Y te llevas sorpresas porque muchas veces esos que no funcionan solos y que sacan malas notas, resulta que son los que más animan [...]”. Les haces sentirse mejor, elevas su autoestima y se portan bien” (E\_P4)

#### 4.1.4 Evolución de los recursos docentes

A pesar de que el uso de recursos docentes abarca un amplio abanico de posibilidades, muchos describieron cómo a lo largo de su experiencia profesional, la organización y uso de estos en sus clases también han ido cambiando. De esta forma, hoy no sólo se limitan a usar diapositivas (**estilo innovador**), sino también a acercar la realidad inmediata del alumnado a sus aulas desde diferentes perspectivas y aplicaciones (**estilo innovador**):

“Si estoy trabajando un tema en concreto como el de posicionamiento web y conozco a gente del gremio, alguna vez hemos hecho una videoconferencia. Esa persona explica algunas cosas y ellos también le preguntan. Eso lo he hecho y ha funcionado súper bien” (E\_P2)

“Si comparas un virus informático con un virus normal, lo entienden enseguida porque el virus informático es un parásito, y el virus también. Tienes que conectar tu asignatura con la realidad que ellos viven” (E\_P5)

#### 4.2 Percepciones en la aplicación de estrategias de enseñanza

Este segundo tema da respuesta a las propias percepciones de los docentes entrevistados sobre los resultados que han obtenido y obtienen en el uso de diferentes estrategias de enseñanza en el propio aprendizaje del alumnado, la conexión que se establece entre profesorado-alumnado y las experiencias para poder alcanzar una adaptación para la atención a la diversidad dentro del aula.

##### 4.2.1 Experiencias en base al método

Con relación a las experiencias y percepciones que tiene el profesorado en base a las diferentes estrategias realizadas en las clases, la mayoría manifestó una experiencia positiva en el uso de estrategias de enseñanza que fuesen más allá de la transmisión directa de conocimiento (**estilo individualizador**):

“Cuando usaba algo diferente, vi que ellos lo agradecían y les ayudaba a organizarse. Me di cuenta de que tal y como lo estaba haciendo, se sentían un poco perdidos conmigo. Ahora puedo tener una opinión más clara sobre cada uno de mis alumnos, tengo más información sobre ellos y poco a poco intento que sean más autónomos” (E\_P1)

De esta forma, se establece una relación enriquecedora entre profesorado-alumnado, ayudando a comprender que el proceso de enseñanza-aprendizaje también puede llegar a ser bidireccional (**estilo reflexivo**):

“A mí me ha enriquecido como persona porque recibes muchísimo más cariño. Creo que para aprender algo, tienes que creer que una persona te lo puede enseñar y, además, tiene que haber un hilo conductor emocional entre los dos, si no esa persona no aprende” (E\_P4)

##### 4.2.2 La diversidad como experiencia docente

En contraste, la experiencia en la atención a la diversidad entre los participantes no responde a una única estrategia de enseñanza (**estilo cooperativo, reflexivo e individualizador**):

“En cuanto a diversidad, alumnos que pueda tener que sean recién llegados, que no dominen el idioma, suelo ponerlos con personas que puedan ayudarles más y que ellos también puedan aportar” (E\_P3)

Al igual que en la distribución de las clases, algunos de ellos/as optan por fomentar un aprendizaje entre iguales (**estilo cooperativo**), aunque también aparecen estrategias más pasivas para atender las necesidades del alumnado (**estilo académico**):

“En vez de repartir fichas con adaptaciones curriculares, lo que hago es exigir menos capacidad de conceptos a aquellas personas que veo que tienen una capacidad memorística muy baja o que no son capaces de absorber los conceptos tan rápido como otros” (E\_P5)

#### 4.3 La evaluación del conjunto

Este último tema combina, por un lado, las experiencias sobre diferentes métodos de evaluación por parte del profesorado y, por otro lado, el uso de la evaluación docente como herramienta de mejora en las estrategias de enseñanza utilizadas en clase.

##### 4.3.1 La evaluación más allá del conocimiento

La rúbrica aparece como una de las herramientas más utilizadas por el profesorado como método de evaluación (**estilo individualizador**):

“Desde hace tiempo utilizo la guía de evaluación y la rúbrica. Al principio, era una fan absoluta de la rúbrica, pero luego me he dado cuenta de que hay muchas veces que, si simplemente les das la guía, a ti no te encorseta tanto y a ellos también les das más margen a que te sorprendan” (E\_P2)

“En los documentos recogidos sobre la manera de evaluar del profesorado de CCEE y Tecnología para su análisis, se pueden ver diferentes rúbricas de evaluación donde se incluyen los trabajos escritos, las exposiciones orales, el funcionamiento y comportamiento del grupo, la evaluación mediante rúbrica también de las sesiones de laboratorio, entre otras” (AD\_DO)

No obstante, como indican muchos de estos docentes, la rúbrica sólo es una herramienta para un determinado momento, siendo necesario evaluar otros aspectos también esenciales en la formación del alumnado, utilizando para ello otros métodos (**estilo individualizador y reflexivo**):

“Utilizo rúbricas casi siempre. Depende de las cosas que esté haciendo porque luego hay un examen con una nota numérica que sería de conocimiento. Pero intento que todo lo demás cuente, porque si estamos haciendo una forma de enseñar que valore que tengan cierta adquisición de valores, no puedes obviarlos en la evaluación” (E\_P6)

##### 4.3.2 La mejora a partir de la evaluación docente

En lo relativo a la evaluación docente, se pudo observar que algunos profesores sí que la llevaban a cabo y les resultaba útil para realizar cambios o mejorar sus estrategias (**estilo reflexivo y académico**):

“Uno capta lo que opinan de uno. Sí que es cierto que a veces pregunto, “¿qué es lo que os ha resultado más difícil?” Esas cosas sí, pero no de una manera sistemática ni por escrito” (E\_P5)

A pesar de que también existía profesorado que no hacía uso de la misma, los docentes que la utilizan parecen encontrar un buen recurso para poder cambiar y adaptar o, al menos detectar a tiempo, aquellas estrategias de enseñanza que no terminan de funcionar (**estilo reflexivo e innovador**):

“Utilizo Google Forms y les pongo preguntas sobre “¿cuál es la unidad didáctica que has disfrutado más?, ¿cuál es la que has disfrutado menos?, ¿consideras que se podría mejorar?” Tengo una batería de preguntas que las voy refinando año tras año y las voy pasando. Les digo, “con lo que habéis vivido aquí, ¿cómo lo puedo mejorar para los alumnos del año que viene?” (E\_P2)

## 5. Discusión de los resultados y conclusiones

### 5.1 Aportaciones

El objetivo de este estudio fue, por un lado, conocer qué estilos de enseñanza predominan entre el profesorado de Ciencias Experimentales y Tecnología (Biología y Geología, Física y Química, Tecnología e Informática) (CCEE) dentro de la Educación Secundaria Obligatoria (ESO) y Bachillerato, a través de las experiencias y perspectivas de los docentes, y cómo estos estilos influyen en las estrategias utilizadas en el aula. Por tanto, los resultados sugieren que no es posible enmarcar al profesorado en un determinado estilo de enseñanza, sino que se podría decir que los docentes tienen estilos de enseñanza dominantes o preferentes que van cambiando con el tiempo, la experiencia, la práctica reflexiva, así como adaptándose a las diferentes casuísticas que se pueden presentar dentro del aula (Delgado-Noguera, 1996; González-Peiteado, 2013). En la misma línea, Solbes *et al.* (2017) apuntan que el uso de estrategias de enseñanza activas, y, por tanto, el estilo de enseñanza predominante se ve influenciado por diferentes aspectos como la edad, las propias experiencias en las carreras profesionales de los diferentes docentes, el tipo de centro educativo o incluso las circunstancias contextuales de cada uno de ellos.

Además, los resultados arrojan datos interesantes sobre el uso de diferentes estilos de enseñanza entre el profesorado. De esta forma, se podría afirmar que el estilo predominante se enmarca en un estilo mixto de enseñanza, ya que una mayoría presenta estilos predominantemente activos o centrados en el alumnado, como el estilo individualizador, cooperativo o indagador. Estos resultados reflejan las mismas conclusiones que estudios ya existentes (Ballesta-Pagán *et al.*, 2011), donde el profesorado con estilos de enseñanza preferentemente activos o centrados en el alumnado son percibidos por el alumnado como un perfil de buen profesor, con cualidades como respeto hacia el alumnado, cercanía y capacidad de escucha, entre otras. En este sentido, una posible explicación para este fenómeno podría ser el cambio en las propias estrategias de enseñanza, acercando la realidad del alumnado al temario, el uso de estrategias de aprendizaje cooperativo mediante grupos heterogéneos de estudiantes o el cambio de diferentes recursos docentes en base al funcionamiento del grupo (Waxman *et al.*, 2015). En base a estos resultados, se puede apreciar que la mayoría de las estrategias de enseñanza utilizadas por los docentes que han participado en este estudio responden a enseñanzas de aprendizaje cooperativo. Sin embargo, el uso de otras estrategias igual de interesantes de acuerdo con la literatura consultada es bastante escaso, como el uso de estrategias integrales, estrategias de aprendizaje dialógico, estrategias de regulación y autorregulación del aprendizaje (Montealegre-García, 2019), quedando patente el largo camino aún por recorrer. Por otra parte, la utilidad de este cambio de enseñanza hacia unos estilos mixtos parece no

limitarse exclusivamente a un cambio en aspectos didácticos, sino también como una necesidad educativa para poder atender a los diferentes ritmos y estilos de aprendizaje que estos docentes suelen encontrarse dentro del aula (Azorín-Abellán, 2018).

Por otro lado, es importante subrayar la percepción de los participantes en el uso de diferentes métodos de evaluación más allá del conocimiento. Si bien la mayoría de ellos utilizan diferentes herramientas dinámicas, como las rúbricas, en su proceso de evaluación (Buendía-García *et al.*, 2016), también parecen incorporar otros aspectos igualmente importantes para la formación del alumnado, como la necesidad de conocer sus valores y actitudes que sin duda tendrán un papel fundamental en el día de mañana. De igual modo, este proceso de evaluación no parece limitarse a una evaluación unidireccional, sino que emerge como una oportunidad para mejorar las diferentes estrategias de enseñanza para algunos de ellos. Así, el uso de la evaluación docente aparece como un instrumento para mejorar el diseño de estrategias de enseñanza adaptadas a las necesidades de cada clase y, en definitiva, mejorar la calidad teniendo en cuenta ese carácter individual y personalizado que cada grupo puede necesitar (Alcón y Esteve-Mon, 2017). A pesar de ello, el profesorado parece quedarse en una fase inicial de la misma, sin llegar a la etapa de autoevaluación, donde la reflexión sobre la práctica docente constituye el pilar fundamental, con el fin de valorar la realización de mejoras o cambios sobre la misma (Martínez-Izaguirre *et al.*, 2018; Vázquez-Bernal *et al.*, 2007).

### 5.2 Limitaciones y propuestas de mejora

A pesar de todo lo comentado hasta el momento, hay una serie de limitaciones que se deben tener en cuenta a la hora de interpretar los resultados de este estudio. En primer lugar, la generalización de los datos es limitada, debido a que este tipo de estudios no garantizan la representatividad estadística y el estudio se llevó a cabo en un único centro. No obstante, a pesar de que participaron sólo 6 docentes, los resultados se fundamentan en la saturación de los datos durante su recogida, complementándose con el análisis documental y observaciones no participantes de las situaciones de aula. Asimismo, en base a la escasez en la literatura existente sobre las experiencias y percepciones de docentes en secundaria y bachillerato, la discusión de estos resultados también se vio limitada. Con todo ello, este trabajo no persigue bajo ninguna intención aportar una conclusión definitiva sobre el fenómeno de estudio. Al contrario, estos resultados ofrecen una oportunidad para abordar en mayor profundidad las experiencias y percepciones tanto del profesorado como del alumnado de secundaria y bachillerato de CCEE y Tecnología en materia de estrategias de enseñanza-aprendizaje para poder obtener una mayor comprensión del fenómeno de estudio. En definitiva, este estudio aporta nuevas pruebas sobre las perspectivas docentes en secundaria y bachillerato sobre los estilos de enseñanza y el uso de estrategias, teniendo en cuenta las diferentes casuísticas que cada docente y cada clase puede tener.

Como propuestas de mejora, sería interesante promover formación continuada al profesorado sobre las diferentes metodologías activas existentes, como complemento y ampliación a las ya utilizadas por éstos en CCEE y Tecnología. De la misma manera, podría ser enriquecedor y proveer mejoras en la práctica docente, la formación e implementación de la autoevaluación por parte del profesorado de CCEE y Tecnología.

### 5.3 Líneas futuras

Como futuras líneas de investigación, podría ser interesante la implicación de más centros educativos con el objetivo de tener una visión más global sobre el fenómeno de estudio. Así mismo, sería interesante la realización de un trabajo más amplio donde se viesen más representadas otras áreas como las propias de las asignaturas de Tecnología, Informática y Física y Química. Finalmente, se considera relevante abordar la perspectiva desde el punto de vista del alumnado, con el fin de conocer la opinión y experiencias de todos los sujetos implicados en el proceso de enseñanza-aprendizaje.

A modo de conclusión cabe destacar la aproximación, cada vez mayor, del profesorado de CCEE y Tecnología hacia estilos y estrategias de enseñanza activos. Como se ha ido comentando a lo largo de los apartados de este trabajo, este cambio es muy positivo, ya que la influencia que tienen estos estilos y estrategias de enseñanza en la consecución de los logros académicos en los estudiantes y la mejora en las relaciones entre profesorado-alumnado es mayor, comparado con los estilos y estrategias más pasivas o académicas. Del mismo modo y en línea con los resultados de este trabajo, este cambio en el modo de enseñar conlleva la necesidad de acercar la realidad del alumnado a las aulas. Para ello, apoyado también en la literatura consultada, cabe señalar la necesidad de estrategias políticas, apoyo social y económico hacia una educación pública de calidad que permita a este profesorado adaptar sus estilos y estrategias de enseñanza, teniendo en cuenta la heterogeneidad de sus aulas, y con el objetivo final de ofrecer una educación inclusiva, equitativa y de calidad (Arnaiz-Sánchez *et al.*, 2019). Por último, es importante subrayar el papel de la evaluación entendida como un proceso bidireccional en la labor docente. Por un lado, la evaluación docente surge como un instrumento fundamental para poder mejorar el diseño y calidad de los diferentes estilos y estrategias de enseñanza que podemos utilizar dentro del aula, pero también como un instrumento para ir más allá de la evaluación del conocimiento, poniendo los valores y actitudes que formarán a los ciudadanos del futuro en el centro. En definitiva, unos ciudadanos que tengan una alfabetización científica que les ayude a comprender y a mejorar el entorno científico-tecnológico que les rodea (Cañal de León, 2012; Cañas *et al.*, 2014; García-Barros *et al.*, 2021; Garrido-Espeja y Simarro-Rodríguez, 2014; Verde-Romera *et al.*, 2017).

### 5.4 Implicaciones para el área

A pesar de que existen diversos trabajos sobre estrategias de enseñanza en CCEE y Tecnología (Jiménez-Tenorio y Oliva-Martínez, 2016; Martín-Gámez *et al.*, 2015), el tratamiento cualitativo a través de entrevistas a profesorado veterano aporta nuevas perspectivas sobre cómo ha evolucionado la docencia de este profesorado, cuáles han sido algunas de las barreras que han podido encontrar, cómo han ido adaptando sus estilos y estrategias a través de las necesidades identificadas, así como cuáles pueden ser futuras líneas para continuar con la formación permanente del profesorado.

## Referencias

- AERA Council (2011). AERA Code of Ethics: American Educational Research Association. *Educational Researcher*, 40(3), 145-156. <https://doi.org/10.3102/0013189X11410403>
- Aguilera, D., Lupiáñez, J., Vilchez-González, J.M. y Perales-Palacios, F.J. (2021). In Search of a Long-Awaited Consensus on Disciplinary Integration in STEM Education. *Mathematics*, 9(6), 597. <https://doi.org/10.3390/math9060597>
- Aguilera-Morales, D., y Perales-Palacios, F.J. (2016). Metodología participativa en Ciencias Naturales: Implicación en el rendimiento y la actitud hacia la Ciencia del alumnado de Educación Primaria. *ReiDoCrea*, 5, 119-129.
- Alcón, E., y Esteve-Mon, F.M. (2017). La importancia de la evaluación docente. *Cuadernos de Pedagogía*, 476, 1-3.
- Alonso, C.M., Gallego, D.J. y Honey, P. (2012). *Los estilos de aprendizaje: Procedimientos de diagnóstico y mejora*. Ediciones Mensajero.
- Álvarez-Álvarez, C., y San Fabián-Maroto, J.L. (2012). La elección del estudio de caso en investigación educativa. *Gazeta de Antropología*, 28(1). [http://www.ugr.es/%7Epwlc/G28\\_14Carmen\\_Alvarez-JoseLuis\\_SanFabian.html](http://www.ugr.es/%7Epwlc/G28_14Carmen_Alvarez-JoseLuis_SanFabian.html)
- Arnaiz-Sánchez, P., De Haro-Rodríguez, R., Alcaraz-García, S., y Caballero-García, C.M. (2019). Escuchar las voces del alumnado para construir la inclusión y la equidad educativa: Diseño y validación de un cuestionario. *Multidisciplinary Journal of Educational Research*, 9(3), 258-292. <https://doi.org/10.17583/remie.2019.4613>
- Azorín-Abellán, C.M. (2018). El método de aprendizaje cooperativo y su aplicación en las aulas. *Perfiles educativos*, 40(161), 181-195.
- Ballesta-Pagán, F., Izquierdo-Rus, T. y Romero-Sánchez, B.E. (2011). Percepción del alumnado de Pedagogía ante el uso de metodologías activas. *Educatio Siglo XXI*, 29(2), 353-368.
- Brailovsky, D. (2018). Lo nuevo y lo tradicional en educación: Una oposición engañosa. *Revista Senderos Pedagógicos / ISSN: 2145-8243 / E-ISSN: 2590-8456*, 9(9), 161-176.
- Buendía-García, F., Benlloch-Dualde, J.V., Zahonero-Viana, I., y Cubel-Barea, A. (2016). Experiencias en la aplicación de tabletas en Secundaria. *Education in the Knowledge Society (EKS)*, 17(4), 75-89.
- Cañal de León, P. (2012). ¿Cómo evaluar la competencia científica? *Revista Investigación en la Escuela*, 78, 5-17.
- Cañas, A., Martín-Díaz, M.J. y Niedo, J. (2014). *Competencia en el conocimiento y la interacción con el mundo físico: La competencia científica*. Alianza Editorial.
- Contreras-Palma, S.A. (2009). Creencias curriculares y creencias de actuación curricular de los profesores de ciencia chilenos. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 8(2), 505-526.
- Creswell, J. W. y Creswell, J.D. (2018). *Research design: Qualitative, quantitative, and mixed methods approaches* (Fifth Edition). SAGE Publications.
- Darretxe, L., Gezuraga, M., y Berasategi, N. (2020). La necesidad de avanzar hacia la investigación inclusiva. *Márgenes Revista de Educación de la Universidad de Málaga*, 1(1), 104-114. <https://doi.org/10.24310/mgnmar.v1i1.7139>
- Delgado-Noguera, M.A. (1991). *Los estilos de enseñanza en la educación física: Propuesta para una reforma de la enseñanza*. Instituto de Ciencias de la Educación.
- Delgado-Noguera, M.A. (1996). Aplicaciones a los estilos de enseñanza en Educación Primaria. En *Estrategias metodológicas para el aprendizaje de los contenidos de Educación Física Escolar* (pp. 73-86). Universidad de Granada.
- Domingo-Roget, À. (2020). *Profesorado reflexivo e investigador. Propuestas y experiencias formativas*. Narcea.
- Fernández-Navas, M. y Postigo-Fuentes, A.Y. (2020). La situación de la investigación cualitativa en Educación: ¿Guerra de paradigmas de nuevo? *Márgenes Revista de Educación de la Universidad de Málaga*, 1(1), 45-68. <https://doi.org/10.24310/mgnmar.v1i1.7396>

- Fuertes-Camacho, M.T. (2011). La observación de las prácticas educativas como elemento de evaluación y de mejora de la calidad en la formación inicial y continua del profesorado. *Revista de Docencia Universitaria*, 9(3), 237-258.
- García-Barros, S., Martínez-Lossada, C., y Rivadulla-López, J. (2021). Actividades de textos escolares. Su contribución al desarrollo de la competencia científica. *Enseñanza de las Ciencias. Revista de investigación y experiencias didácticas*, 39(1), 219-238. <https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.3099>
- García-Cué, J.L., Sánchez-Quintanar, C., Velázquez-Jiménez, M., y Gutiérrez-Tapias, M. (2012). Estilos de aprendizaje y estrategias de aprendizaje: Un estudio en discentes de postgrado. *Revista de estilos de aprendizaje*, 5(10), 65-78.
- García-Fraile, J.A., y Rojas-Aguilera, M. (2018). El portafolio de evidencias del alumno. *Voces de la educación*, 3(6), 177-190.
- Garrido-Espeja, A., y Simarro-Rodríguez, C. (2014). El nou marc d'avaluació de la competència científica PISA 2015: Revisió i reflexions didàctiques. *Ciències: Revista del professorat de ciències de Primària i Secundària*, 28, 21-23. <https://doi.org/10.5565/rev/ciencies.63>
- Generalitat Valenciana (2020). *Institut Educació Secundària Juan Bautista Porcar*. Institut Educació Secundària Juan Bautista Porcar. <http://mestreacasa.gva.es/web/iesporcar/1>
- González-Peiteado, M. (2013). Los estilos de enseñanza y aprendizaje como soporte de la actividad docente. *Revista de estilos de aprendizaje*, 6(11), 51-70.
- González-Peiteado, M., y Pino-Juste, M. (2016). Los estilos de enseñanza: Construyendo puentes para transitar las diferencias individuales del alumnado. *Revista Complutense de Educación*, 27(3), 1175-1191. [https://doi.org/10.5209/rev\\_RCED.2016.v27.n3.47563](https://doi.org/10.5209/rev_RCED.2016.v27.n3.47563)
- Ivic, S. (2016). Frequency of Applying Different Teaching Strategies and Social Teaching Methods in Primary Schools. *Journal of Education and Practice*, 7(33), 66-71.
- Jiménez-Tenorio, N., y Oliva-Martínez, J.M. (2016). Aproximación al estudio de las estrategias didácticas en ciencias experimentales en formación inicial del profesorado de Educación Secundaria: Descripción de una experiencia. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 13(1), 121-136.
- Jorrín-Abellán, I.M., Fontana-Abad, M., y Rubi-Avi, B. (2021). *Investigar en educación* (1a Ed.). Síntesis.
- Kallio, H., Pietilä, A.M., Johnson, M., y Kangasniemi, M. (2016). Systematic methodological review: Developing a framework for a qualitative semi-structured interview guide. *Journal of Advanced Nursing*, 72(12), 2954-2965. <https://doi.org/10.1111/jan.13031>
- Martínez-Aznar, M.M., Martín-del Pozo, M.R., Rodrigo-Vega, M., Varela-Nieto, M.P., Fernández-Lozano, M.P., y Guerrero-Serón, A. (2002). Un estudio comparativo sobre el pensamiento profesional y la acción docente de los profesores de ciencias de educación secundaria: Parte II. *Enseñanza de las Ciencias. Revista de investigación y experiencias didácticas*, 20(2), 243-260.
- Martínez-Bonafé, J. (1988). El estudio de casos en la investigación educativa. *Investigación en la escuela*, 6.
- Martínez-Izaguirre, M., Yáñez-Álvarez de Eulate, C., y Villardón-Gallego, L. (2018). Autoevaluación y reflexión docente para la mejora de la competencia profesional del profesorado en la sociedad del conocimiento. *Revista de Educación a Distancia*, 56, 31. <http://dx.doi.org/10.6018/red/56/10>
- Martin-Gámez, C., Prieto-Ruz, T., y Jiménez-López, M.A. (2015). Tendencias del profesorado de ciencias en formación inicial sobre las estrategias metodológicas en la enseñanza de las ciencias. Estudio de un caso en Málaga. *Enseñanza de las Ciencias. Revista de investigación y experiencias didácticas*, 33(1), 167-184. <https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.1500>
- Ministerio de Educación y Formación Profesional (2019). *TALIS 2018. Estudio internacional de la enseñanza y del aprendizaje*. Secretaría General Técnica. <https://www.educacionyfp.gob.es/dam/jcr:047dfc41-acf6-444a-8e4e-4e5916343a88/talis2018-online-20190807.pdf>
- Monarca, H., y Rappoport, S. (2017). La experiencia de éxito académico como oportunidad para salir de situaciones de fracasos reiterados. *Debates y Prácticas en Educación*, 2, 23-35.

- Montealegre-García, C. (2019). *Estrategias para la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias* (2ª Ed.). Universidad de Ibagué.
- Montes de Oca-Recio, N., y Machado-Ramírez, E. (2011). Estrategias docentes y métodos de enseñanza-aprendizaje en la Educación Superior. *Humanidades Médicas*, 11(3), 475-488.
- Morales, H., y Camacho-Verdugo, L.R. (2020). Filosofía de la Educación y pedagogía de la enseñanza en la formación del profesorado. Estudio de caso, percepción del estudiantado. *Revista de la Universidad de Costa Rica*, 44(1 (enero-junio)), 19.
- Navas, L., Soriano-Llorca, J.A., Holgado-Tello, F.P., y Jover-Mira, I. (2016). Las metas múltiples: Análisis predictivo del rendimiento académico en estudiantes chilenos. *Educación XX1: Revista de la Facultad de Educación*, 19(1), 267-285.
- Noble, H., y Smith, J. (2015). Issues of validity and reliability in qualitative research. *Evidence-Based Nursing*, 18(2), 34-35. <https://doi.org/10.1136/eb-2015-102054>
- Parra-Pineda, D.M., y Bustamante-Ramírez, M.V. (2003). *Manual de estrategias de enseñanza / aprendizaje* (1ª Ed.). Ministerio de la Protección Social.
- Parrilla-Latas, A. (2017). Ética para una investigación inclusiva. *Revista de Educación Inclusiva*, 3(1). <https://revistaeducacioninclusiva.es/index.php/REI/article/view/218>
- Rapley, T. (2014). *Los análisis de la conversación, del discurso y de documentos en investigación cualitativa*. Morata.
- Rekalde, I., Vizcarra, M.T., y Macazaga, A.M. (2014). La observación como estrategia de investigación para construir contextos de aprendizaje y fomentar procesos participativos. *Educación XX1*, 17(1), 201-220. <https://doi.org/10.5944/educxx1.17.1.10711>
- Ruiz-Olabuénaga, J.I. (2012). *Metodología de la investigación cualitativa* (5ª Ed.). Universidad de Deusto.
- Sales, A., Moliner, O., y Traver, J.A. (2019). Estrategias de investigación-acción participativa para la transformación. En B. Ballesteros (Ed.), *Investigación social desde la práctica educativa* (pp. 225-266). UNED.
- Sandín-Esteban, M.P. (2003). *Investigación cualitativa en educación. Fundamentos y tradiciones*. MacGraw-Hill Interamericana de España.
- Simons, H. (2009). *Estudio de caso: Teoría y práctica*. Morata.
- Solbes, J., Fernández-Sánchez, J., Domínguez-Sales, M.C., Cantó, J.R., y Guisasola, J. (2017). Influencia de la formación y la investigación didáctica del profesorado de ciencias sobre su práctica docente. *Enseñanza de las Ciencias. Revista de investigación y experiencias didácticas*, 36(1), 25-44. <https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.2355>
- Stake, R.E. (1998). *Investigación con estudio de casos*. Ediciones Morata.
- Tong, A., Sainsbury, P., y Craig, J. (2007). Consolidated criteria for reporting qualitative research (COREQ): A 32-item checklist for interviews and focus groups. *International Journal for Quality in Health Care*, 19(6), 349-357. <https://doi.org/10.1093/intqhc/mzm042>
- Vázquez-Bernal, B., Jiménez-Pérez, R., y Mellado-Jiménez, V. (2007). La reflexión en profesoras de ciencias experimentales de enseñanza secundaria: Estudio de casos. *Enseñanza de las ciencias*, 25(1), 73-90. <https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.3761>
- Verde-Romera, A.M., Pablos-Miguel, M., y Caballero-Caballero, I. (2017). La competencia científica en los textos escolares. Un estudio LOE-LOMCE. *Enseñanza de las ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas*, 0, 1129-1134.
- Waxman, H., Weber, N., Franco-Fuenmayor, S., y Rollins, K. (2015). Research-Based Approaches for Identifying and Assessing Effective Teaching Practices. En Y. Li y J. Hammer, *Teaching at Work. Advances in Teaching and Teacher Education*. SensePublishers. [https://doi.org/10.1007/978-94-6300-082-6\\_2](https://doi.org/10.1007/978-94-6300-082-6_2)

## Anexo

### Modelo de entrevista

#### 1. Variables sociodemográficas

##### Edad (años)

*Será procesado en rangos de edad*

##### Sexo

Hombre / Mujer

##### Nivel de estudios alcanzado

- Grado / Diplomatura / Licenciatura
  - Especificar:
- Máster
  - Especificar:
- Doctorado
  - Especificar:

##### Situación laboral actual

- Interino/a
- Fijo/a
- Sustitución

##### Experiencia laboral como docente (años / meses)

¿Ha recibido alguna formación continua (CEFIRE, cursos, etc.) recientemente? ¿Sobre qué temática?

#### 2. Apertura

- Presentaciones:
  - Comenzar con la presentación del entrevistador/a.
  - Animar a presentarse, tanto en nombre como área en la que trabaja como docente.
- Explicar la duración de la sesión y la intención de la entrevista:
  - Durará como máximo 30 minutos.
  - Irá dirigida a obtener informaciones con los fines especificados en el consentimiento informado, para determinar las experiencias y perspectivas de docentes en el área de Ciencias Experimentales de Educación Secundaria Obligatoria y Bachillerato en el uso de estilos y estrategias de enseñanza.
- Establecer claras líneas de conducta:
  - Las respuestas se dan en un clima de confianza y toda la información recogida será tratada con los estándares de privacidad y confidencialidad perceptivos de este tipo de investigaciones.
  - Se alienta a expresar tanto perspectivas positivas como negativas, intentando fundamentar lo máximo posible sus respuestas.

### 3. Guion de preguntas

1. Si tuviera que definirse como docente en una frase, ¿qué característica incluiría?
2. En esa frase, ¿qué valores y creencias considera que han influido e influyen en su modo de llevar a cabo la práctica docente?, es decir, ¿en qué creencias, valores o principios se sustentan tus prácticas didácticas?
3. Desde que comenzó a trabajar como docente, ¿cómo considera que han evolucionado sus estrategias de enseñanza?
4. ¿Cómo fue su primera experiencia como docente en el uso de estas estrategias? ¿cómo se ve ahora? ¿cómo cree que ha evolucionado?
5. De las estrategias utilizadas, ¿con cuál se siente más seguro/a o satisfecho/a? ¿o con cuál percibe que capta más al alumnado?
6. En cuanto a la gestión del espacio, tiempo, recursos (personales, materiales), agrupamientos, ¿qué criterio utiliza para hacer los grupos, parejas, etc.? ¿Y para organizar el aula u otros espacios? ¿Qué motivos suelen condicionar estos criterios?
7. Cuando lleva a cabo este tipo de dinámicas grupales, ¿cuánto tiempo suele llevarle? ¿varían mucho de unas dinámicas a otras? ¿qué resultados suelen tener?
8. Dentro de los diferentes tipos de tareas o actividades, ¿cuál usa frecuentemente? ¿por qué?
9. Ante la diversidad que hay hoy en día en las aulas, ¿cuáles son las estrategias que utiliza? ¿por qué?
10. Durante el curso académico, en sus clases, ¿participan las familias o algún otro agente comunitario que pueda servir como "recurso" en clase? Si participan, ¿cómo suelen llevarlo a cabo y cómo han sido las experiencias?
11. ¿Cuál es su percepción sobre la implicación y participación del alumno? ¿por qué piensa que muestran ese grado de implicación y participación?
12. En lo referente a la evaluación de los aprendizajes del alumnado, ¿qué instrumentos se utilizan?, ¿en qué momento se hace la evaluación?
13. Y en relación a la evaluación/retroalimentación de su tarea como docente por parte del alumnado, ¿utiliza algún instrumento? De ser así, ¿en qué momento se realiza?
14. ¿Cómo considera que es su relación con el alumnado en el día a día? ¿por qué?
15. ¿Querría añadir alguna información que considere relevante para el tema objeto de estudio que no se haya comentado?

#### *Preguntas de rescate*

1. ¿Qué estrategias utiliza para incrementar la autonomía del alumnado?
2. ¿Cómo percibe que es su rol como docente en el aula?
3. ¿Qué métodos utiliza para aumentar la participación e implicación del alumnado?

### 4. Resumen y conclusión

- Recapitular los puntos principales de la información recogida.
- Dar las gracias y ofrecer el poder añadir alguna información que consideren relevante para el tema objeto de estudio.

#### *Cómo citar en APA:*

Ropero-Padilla, C., Rodríguez-Arrastia, M. y Sanahuja, A. (2021). Aproximación a los estilos y estrategias de enseñanza del profesorado de la ESO y Bachillerato de ciencias experimentales y tecnología: un estudio de caso. *Revista Iberoamericana de Educación*, 87(1), 73-94. <https://doi.org/10.35362/rie8714450>

## Vídeoaulas acessíveis sobre a temática água como recurso didático-pedagógico para promoção da educação científica

Roberto Irineu da Silva<sup>1</sup>

Luciana da Silva Goudinho<sup>2</sup>

Agne de Albuquerque França Ribeiro<sup>1</sup>

Jaderson Pires dos Santos Vasconcelos<sup>2</sup>

Sérgio Crespo Coelho da Silva Pinto<sup>2</sup>

Ruth Maria Mariani Braz<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Colégio Pedro II, Brasil; <sup>2</sup> Universidade Federal Fluminense (UFF), Brasil

**Resumo.** As escolas são desafiadas a promover uma gestão didático-pedagógica que promova a inclusão de estudantes com deficiência, garantindo acesso equânime aos conteúdos curriculares. Este trabalho desenvolveu uma metodologia de produção de vídeoaulas acessíveis sobre a temática água, utilizando experimentações como subsídio didático para contextualização dos discentes com processo de produção de conhecimento científico. Os experimentos cognatos ao assunto foram selecionados e realizados com os discentes para verificação das principais dúvidas quanto ao conhecimento científico associado e a manipulações dos materiais. Gerou-se um repositório de videogravações com tradução em língua de sinais. Estas vídeoaulas (n = 5, totalizando 83 minutos de gravação) foram submetidas à avaliação em relação à qualidade didática e acessibilidade, por profissionais especializados no ensino com surdos e professores de ciências. Considerando o aspecto de publicitação, foram implementados nestes vídeos, um código digital que, uma vez acionado, gera um questionário para verificação da aprendizagem, além do roteiro para replicação dos experimentos. Conclui-se que este artigo pode corroborar para promoção da Educação Científica Inclusiva, considerando sua metodologia de produção centrada nos estudantes como protagonistas, além das vídeoaulas constituírem-se em recursos de consultas a estudantes, docentes e intérpretes, cumprindo também um papel de formação continuada.

**Palavras-chave:** ensino inclusivo de biologia; acessibilidade; educação de surdos.

### *Vídeo clases accesibles sobre el tema del agua como recurso didáctico-pedagógico para la promoción de la educación científica*

**Resumen.** Los centros educativos tienen el reto de promover una gestión didáctico-pedagógica que promueva la inclusión de los estudiantes con discapacidad, que asegure el acceso equitativo a los contenidos curriculares. Este trabajo desarrolló una metodología de producción de videoclases accesibles sobre la temática del agua, utilizando experimentos como subsidio didáctico a los alumnos para contextualizar el proceso de producción de conocimiento científico. Se seleccionaron y se realizaron los experimentos afines al asunto con los estudiantes para comprobar las principales dudas sobre el conocimiento científico asociado y la manipulación de los materiales. Se generó un repositorio de videograbaciones con traducción a la lengua de signos. Profesionales especializados en la educación de personas sordas y profesores de ciencias hicieron una evaluación de la calidad didáctica y accesibilidad de estas videoclases (n = 5, con un total de 83 minutos de grabación). Teniendo en cuenta el aspecto divulgativo, se implementaron en estos vídeos, un código digital que, una vez activado, genera un cuestionario para comprobar el aprendizaje, además del guion para replicar los experimentos. Se concluye que este artículo puede contribuir a la promoción de la Educación Científica Inclusiva, considerando su metodología de producción centrada en los alumnos como protagonistas.

**Palabras clave:** enseñanza de la biología inclusiva; accesibilidad; educación para sordos.

### *Accessible video classes on the theme of water as a didactic-pedagogical resource for the promotion of scientific education*

**Abstract.** Schools are challenged to promote didactic-pedagogical management that promotes the inclusion of students with disabilities, ensuring equal access to curriculum content. This work developed a methodology to produce accessible video classes on the water theme, we used experiments as a teaching aid to contextualize students with the process of producing scientific knowledge. The cognate experiments on the subject were selected and carried out with the students to verify the main doubts regarding the associated scientific knowledge and the manipulation of the materials. A video recording repository was generated with translation in Libras. These video classes (n = 5, totaling 83 minutes of recording) were subjected to evaluation in relation to didactic quality and accessibility, by professionals specialized in teaching with deaf and science teachers. Considering the advertising aspect, a digital code was implemented in these videos, which, once triggered, generates a questionnaire to verify learning, in addition to the script for replicating the experiments. It is concluded that this article can corroborate for the promotion of Inclusive Scientific Education, considering its production methodology centered on students as protagonists, in addition to the video classes being resources for consultation with students, teachers and interpreters, also fulfilling a role of continuing education.

**Keywords:** Inclusive biology teaching; Accessibility; Deaf education.

## 1. Introdução

O ensino das ciências deve fazer parte da formação de toda a sociedade. Podemos afirmar que, de acordo com o desenvolvimento econômico e educativo de cada país, o ensino de ciências é diferenciado em termos de valorização e eficácia (Bencze *et al.*, 2013).

Mariani (2014, p.44) descreve a “Ciência como sendo aberta, incerta e relativa, tendo uma atividade dinâmica, provocando a compreensão humana, com um valor de caráter técnico, sendo a curiosidade a mola da sua existência”.

Santos (2007) e Cunha (2017) compreendem a Educação Científica como uma agência institucionalizada prevalentemente nos espaços formais de ensino, referindo-se às escolas, que atua como uma espécie de interface de diálogo dos processos e produtos gerados pela comunidade de pesquisadores à sociedade.

Segundo Aragón (2016), há a necessidade de gerar uma proposta de arquitetura pedagógica comprometida não somente com a transposição didática destas informações altamente técnicas; mas deve-se objetivar a promoção de atitudes e valores colaboradores para que os estudantes consigam vincular os possíveis impactos éticos, econômicos, sociais e ambientais destes conhecimentos na sociedade em que estão contextualizados.

Tradicionalmente, a educação científica fundamenta-se numa concepção epistemológica em que o foco se atém na apreensão da lógica subjacente à consecução dos fenômenos e dos conceitos construídos, a partir de observações das relações causais. O apreço didático e devotado à aprendizagem (memorização) de fórmulas num contexto matematizante, conjugado à apropriação do capital léxico-semântico dos tópicos científicos apresentados, corroborando para um processo ensino-aprendizagem destituído de correlação com as vivências cotidianas. Isto, em última instância, não capacita o estudante a inter-relacionar os conhecimentos científicos adquiridos às demandas socioambientais, nem aos impactos das políticas públicas e privadas no âmbito científico-tecnológico.

Sobre o exposto, depreende-se que as instituições escolares contemporâneas devem comprometer-se com a formação de estudantes capazes de não somente tangenciarem os aspectos metodológicos científicos de compreensão dos fenômenos. Mas, elaborarem estratégias didáticos-pedagógicas capazes de contextualizar os conhecimentos científicos apreendidos à melhoria de qualidade de vida num nível individual e comunitário, e às consequências multidimensionais decorrentes da emergência e monopólio dos processos técnicos destes conhecimentos.

Nesta perspectiva, nomeada de letramento científico, o ensino de Ciências é comprometido com a cidadania uma vez que os conhecimentos ministrados convergem no empoderamento dos estudantes. Assim, capacita-os não somente a se apropriarem dos recursos tecnológicos em constante inovação, mas a (co) protagonizarem as transformações sociais por meio do desenvolvimento de senso crítico fundamentado, interferindo ativamente para implementação de um progresso sustentável (Cachapuz *et al.*, 2005).

Conjugado a esta demanda, as instituições regulares de ensino devem observar, no contexto de zelo pela equidade, um processo de educação científica que garanta a imersão dos alunos com deficiências ao processo de letramento científico (Villanueva *et al.*, 2012). Neste contexto, verifica-se uma demanda premente no sentido de implementação de uma política educacional que conceba estratégias, objetivando a promoção de acessibilidade. O conhecimento científico, deve viabilizar aquisições de competências cognitivas que habilitem os educandos com deficiência a criticamente identificar a ocorrência dos fenômenos apreendidos em suas circunstâncias de vivências (Villanueva *et al.*, 2012).

A despeito da Organização das nações Unidas para Educação e Ciência e Cultura (Unesco) (Unesco, 1994; Villanueva *et al.*, 2012) estabelecer diretrizes, afirmando que a educação científica deve ser indistintamente garantida a todos. Sendo isto, um requisito fundamental para a efetivação da democracia, uma vez que, excedendo a exigência social, imputa desenvolvimento pleno do potencial intelecto humano. A análise de publicações nacionais demonstra intervenções isoladas num contexto de confrontação com as limitações impostas pelas deficiências, objetivando principalmente a socialização (Silva e Bego, 2018).

Em relação aos estudantes surdos, verifica-se que a principal intervenção para promoção da acessibilidade refere-se ao fornecimento de um profissional intérprete de Língua de Sinais para mediação da comunicação (Lima e Garcia, 2011).

Depreende-se disto que o método de inclusão adotado para os modelos antropomórficos citados, afigura-se em artifício superficial de adaptação que não promove ruptura com a didática fundamentada na epistemologia clássica da educação, principalmente pela reproduzibilidade da mecânica de transmissão de conhecimento no Atendimento Educacional Especializado (Da Silva *et al.*, 2020).

O que se verifica, portanto, é uma espécie de incipiência em termos de uma proatividade com respeito à geração de metodologias inovadoras e consistentes que atuem como modelo que possa ser reproduzido como ação de política pública educacional e capacitação continuada. Assim, preveniremos a ocorrência de sonegação de informações no processo educativo, por escusa da deficiência, propriamente (Zancan, 2000).

Em respeito aos educandos com impedimentos auditivos, foco desta pesquisa, a análise de diversos trabalhos demonstrou que, embora haja o reconhecimento de que a Língua Brasileira de Sinais (libras) seja a base para o aprendizado de qualquer conteúdo escolar, incluindo ciências e biologia, o processo de ensino-aprendizagem é comprometido por alguns fatores citados a seguir (Prince, 2011; Lima e Garcia, 2011):

- a) Defasagens de muitos alunos no que concerne a conhecimentos prévios, devido à exposição tardia a Língua Brasileira de Sinais, verificando uma heterogeneidade em termos de necessidades educacionais no âmbito linguístico que abrange desde indivíduos analfabetos para Libras e língua portuguesa, até os indivíduos bilíngues;
- b) Inexistência de sinais correspondentes aos termos biológicos, exigindo do intérprete recorrência às ilustrações em livros didáticos ou outro recurso pedagógico para facilitar a comunicação e apreensão do conteúdo;

- c) Comprometimento da interlocução entre o professor regente da disciplina e o intérprete por pouco domínio deste sobre o assunto, exigindo que ele apreenda o conteúdo antes do aluno;
- d) “Alguns erros na interpretação de um tema específico, devido às falhas não intencionais nas traduções; a velocidade dos movimentos das mãos, a falta de imparcialidade, ou desconhecimento do conteúdo” (Mariani, 2014, p.47).

Dentre os impeditivos apresentados, reconhece-se que a criação e documentação de sinais para termos e conceitos específicos da biologia são vistas como possibilidades para a aprendizagem significativa de conteúdos da área das Ciências Biológicas (Prince, 2011; Lima e Garcia, 2011).

Finalmente, menciona-se que a integração destas ações colabora para a concepção de um projeto de educação científica e tecnológica inclusiva. Pois, além de preconizar a inserção dos estudantes no processo de produção de conhecimento científico por meio das experimentações, insere-os nas tecnologias digitais da informação e comunicação (TIDIC). As referidas vídeoaulas apresentam um código digital que, quando acionados, conduzem a uma espécie de estudo dirigido para certificação da aprendizagem, além de roteiros para reprodutibilidade dos experimentos por parte dos docentes.

## 2. Metodologia

Como critério de elegibilidade para a participação deste estudo, foram incluídos indivíduos com as características descritas a seguir:

- a) Quanto aos profissionais intérpretes de Libras, para participação neste estudo, foram recrutados aqueles que apresentavam competência validada por certificado de cursos reconhecido pelo Ministério da Educação e Cultura ou pelo Programa Nacional para a Certificação de Proficiência no Uso e ensino da Língua Brasileira de Sinais.
- b) Quanto aos estudantes que participaram das aulas de realização dos experimentos, estes tiveram entre 11 e 18 anos, sendo regularmente matriculados no sexto ano do Ensino Fundamental nas instituições participantes, a saber, Colégio Pedro II (Campus Realengo II, Rio de Janeiro), para alunos videntes e ouvintes, e Escola Municipal Paulo Freire (Município de Niterói) para alunos surdos.
- c) Quanto aos profissionais da educação que participaram da avaliação do produto gerado deste projeto por meio de preenchimento de questionário de pesquisa de opinião após a exibição das vídeoaulas, estes foram divididos em dois subgrupos, sendo o primeiro, professores de alunos regulares ouvintes e o segundo pedagogos ou docentes dominantes de libras que atuam diretamente com alunos surdos nas instituições especializadas ou regulares inclusivas.

Em respeito aos critérios de exclusão, estes são descritos a seguir: (1) Quanto ao intérprete profissional, aqueles que não conseguirem preencher o quesito de obrigatoriedade de certificação em Libras pelos recursos oficiais como especificado anteriormente; (2) Quanto aos estudantes, foram excluídos àqueles que (a) não eram alfabetizados em Libras (no caso de aluno surdo), (b) apresentassem deficiências de

ordem intelectual, socioafetiva ou psiquiátrico (incluindo as relativas ao Transtorno do Espectro Autista e transtornos de humor), (c) apresentassem síndromes classificadas como cromossomopatias à semelhança da Síndrome de Down, Síndrome de Turner e Síndrome de Klinefelter, (d) fossem surdo-cegos; (e) não apresentassem a assinatura do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido pelo responsável (caso de crianças e adolescentes) ou do próprio aluno (caso de indivíduos com idade igual ou superior a 18 anos), por fim, (3) profissionais da Educação que não tivessem regularmente atuando em instituições de ordem jurídica pública ou privada.

Quanto à população de estudantes partícipes deste estudo, essa é assim descrita: (a) Estudantes sem deficiência sensorial ( $n = 66$ ), matriculados regularmente no sexto ano do Ensino Fundamental da Instituição Federal de ensino (Campus Realengo), com média de idade correspondente a 11 anos, sendo 34 (51,5%) do sexo feminino e 32 (48,5%) do sexo masculino. (b) Estudantes com deficiência auditiva ( $n = 7$ ), regularmente matriculados na Escola Municipal Paulo Freire em Niterói, com média de idade de 13 anos, sendo, 1 (14,3%) do sexo feminino e 6 (85,7) do sexo masculino; (c) Estudantes com deficiência visual ( $n = 3$ ) regularmente matriculados na Instituição Federal, com média de idade de 18 anos, sendo dois do sexo feminino (66,7) e um do sexo masculino (33,3).

Quanto aos profissionais referentes à educação que participaram da pesquisa, avaliando qualitativamente o produto, a saber, videoaulas legendadas e traduzidas em Libras sobre a temática água ( $n = 23$ ), apresentaram uma idade média de 37 anos, sendo 7 do sexo masculino e 16 do sexo feminino. Destes, 10 (43%) são profissionais que declaradamente trabalham como pesquisadores, docentes ou pedagogos com o público surdo.

Em todos os casos, incluindo, portanto, discentes, docentes e profissionais intérpretes, só participaram da pesquisa, posteriormente à assinatura do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido. No caso do aluno menor legalmente, os responsáveis foram conscientizados da importância da pesquisa e das características éticas inerentes, como condição da coleta da assinatura do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido. A pesquisa passou pelo comitê de ética e foi aprovado com o número do CAAE: 19633919.5.0000.9047 e o número do Parecer: 3.717.633.

### 3. Seleção, testagem e adequação das atividades experimentais

Posteriormente à pesquisa bibliográfica, foram selecionados experimentos no livro didático, contexto da temática água que corresponderam aos seguintes critérios de elegibilidade:

1. Pertinência ao nível de maturidade psicomotora dos estudantes alvos para que fossem executados de forma segura, sem riscos à integridade física deles, por ocasião de incentivos de realização dos experimentos de forma autônoma;
2. Exequibilidade no contexto do tempo respectivos às aulas;
3. Propiciassem um aprendizado significativo no contexto do processo científico como: reflexão, correlação dos fundamentos da metodologia com o objeto de investigação, análise crítica e diálogo entre os membros dos grupos constituídos, e inferências conclusivas sobre os resultados observados;

4. Fossem cognitivamente significantes aos estudantes alvos deste estudo;
5. Fossem adequados à realidade estrutural de um ambiente de escola do ensino básico, refere ao espaço propriamente, à mobilização de recursos materiais e humanos;
6. Atendessem às expectativas bioéticas quanto suas diretrizes.

A execução do processo de seleção das práticas experimentais, segundo os critérios de elegibilidade mencionados, observou dois estágios, descritos a seguir: inicialmente, os experimentos selecionados foram reproduzidos no laboratório de Biologia da instituição, sendo avaliados os parâmetros de exequibilidade e biossegurança<sup>1</sup>, como descritos anteriormente. Prosseguindo, foram produzidos roteiros para o processamento dos experimentos, objetivando estabelecer orientações para participação autônoma dos estudantes. Tais roteiros foram constituídos de uma breve fundamentação teórica listagem dos materiais necessários e procedimento de execução do experimento, item para as observações vivenciadas com a execução da prática, item para exposição dos resultados esperados, referência bibliográfica e, finalmente, um questionário dirigido para fins de avaliação da aprendizagem.

A segunda instância do processo de avaliação e seleção dos experimentos deu-se na execução deles com estudantes ouvintes e surdos do sexto ano do Ensino Fundamental nas instituições participantes. Nesta etapa foram observados aspectos como: dificuldade de organização dos materiais e processamento experimental pelos estudantes, dificuldade de correlação entre os resultados observado e a apreensão dos conceitos subjacentes aos fenômenos estudados e a correlação entre o experimento e a motivação de sua execução pelos alunos.

Dadas as condições apresentadas, foram selecionados 12 experimentos que integraram o desenvolvimento das videoaulas num contexto de sequência didática, cuja arquitetura pedagógica consistiu na elaboração de cinco módulos interdependentes, em que a transmissibilidade do conhecimento se realizava por intermédio de uma breve exposição teórica, suplementada ou com modelos didáticos, ou com os experimentos mencionados.

A caracterização da referida sequência didática, com descrição da identificação e dos objetivos dos experimentos ou modelos didáticos pertinentes aos respectivos módulos, encontra-se na Quadro 1.

As filmagens foram realizadas no laboratório de biologia, sendo o processo de edição executado por meio do Software Camtasia Studio 8.

No processo de edição das videogravações, foram inseridos códigos digitais de acionamento rápido por meio do aplicativo *QR code Monkey* (<https://www.qrcode-monkey.com>), com a finalidade de acesso a questionários para verificação de aprendizagem, além dos roteiros relativos aos experimentos para divulgação entre os docentes, cumprindo o papel de uma espécie de formação continuada.

---

<sup>1</sup> A biossegurança é o conjunto de ações voltadas para a prevenção, minimização ou eliminação de riscos inerentes às atividades de pesquisa, produção, ensino, desenvolvimento tecnológico e prestação de serviços, visando à saúde do homem, dos animais, a preservação do meio ambiente e a qualidade dos resultados (Teixeira & Valle, 1996)

**Quadro 1.** Relação dos experimentos selecionados para produção das videografações com tradução em Libras

Título do Experimento ou demonstração didática	Objetivos/Procedimentos	Modelo didático ou Experimento Executado
<b>Módulo 1: Caracterização estrutural e propriedades da água</b>		
1 Caracterização estrutural da molécula de água.	<p>Objetivo Principal: Demonstrar a caracterização estrutural da molécula de água por meio de modelos didáticos, para compreensão das propriedades físicas e químicas, tais como, coesão, adesão, capilaridade, tensão superficial, solvência universal.</p> <p>Objetivos Específicos:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Construir modelos que demonstrem a caracterização dos átomos, indicando o núcleo e a eletrosfera e as partículas presentes nestas regiões.</li> <li>• Demonstrar, utilizando os modelos, as relações de troca de elétrons no contexto das ligações iônicas e covalentes.</li> <li>• Explicar a constituição da molécula de água, prevendo o compartilhamento desigual de elétrons.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Modelo didático relativo à constituição estrutural do átomo.</li> <li>• Prancha com um modelo bidimensional relativo aos átomos de sódio e cloro.</li> <li>• Prancha com um modelo bidimensional relativo aos íons de sódio e cloro.</li> <li>• Modelo didático bidimensional, relativo aos átomos de oxigênio e hidrogênio em seus estados fundamentais;</li> <li>• Modelo didático bidimensional, relativo ao processo de formação da molécula de água, pós interação covalente entre os átomos de hidrogênio e oxigênio.</li> </ul>
2 Caracterização das propriedades da água, resultantes da sua constituição estrutural química	<p>Objetivo Principal: Demonstrar as principais propriedades da água, correlacionando-as com aplicações cotidianas.</p> <p>Objetivos Específicos:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Explicar, utilizando modelos da estrutura molecular da água, a existência de ligações intermoleculares resultantes da geração de cargas elétricas parciais, correlacionando com a coesão.</li> <li>• Explicar a propriedade de adesão.</li> <li>• Explicar a propriedade de capilaridade por meio dos experimentos.</li> <li>• Explicar a propriedade de solvente</li> </ul> <p>Universal:</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Modelo tridimensional relativo às moléculas de água conectadas intermolecularmente por meio de pontes de hidrogênio.</li> <li>• Demonstração de um processo de capilaridade, utilizando um papel toalha que atua como uma espécie de ponte entre dois recipientes para passagem de uma solução aquosa colorida.</li> <li>• Realização de misturas da água com substâncias hidrofílicas e hidrofóbicas.</li> <li>• Condução de corrente elétrica em soluções salinas, tendo como elemento repórter, lâmpadas acesas quando circuito entre tomada-lâmpada-solução são competentes.</li> </ul>

**Módulo 2: Estados Físicos da água e influência da temperatura na conversão dos estados físicos da água**

3 Caracterização dos estados físicos da água	<p>Objetivo Principal: Demonstrar os estados físicos da água e suas relações com o volume, forma e compressibilidade.</p> <p>Objetivos Específicos:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Apresentar a água nos três estados físicos, demonstrando experimentalmente, a relação destes estados de agregação com a forma, volume e nível de compressibilidade.</li> <li>• Relacionar ainda as forças de coesão e repulsão das moléculas nestes três estados.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Apresentação da água no estado sólido, líquido e gasoso (vapor).</li> </ul>
4 Mudança de estados físicos da água e correlação com o ciclo da água na Natureza	<p>Objetivo Principal: Caracterizar os processos de alteração dos estados físicos da água sob a influência da temperatura, relacionando com o ciclo hidrológico na Natureza.</p> <p>Objetivos Específicos:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Demonstrar por meio de experimentação, a inter conversão dos estados físicos da água, criando um sistema de simulação.</li> <li>• Provando a existência do vapor de água no ar por meio de experimentação.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Influência da temperatura na conversão dos estados físicos da água, por meio da submissão de gelos a uma fonte de energia térmica.</li> <li>• Alteração do ponto de solidificação da água, por meio de adição de sal em gelo.</li> <li>• Demonstrando o processo de condensação do vapor de água no ar, expondo-o a uma superfície de garrafa plástica com gelo em seu interior.</li> </ul>

**Módulo 3: Estudo introdutório das forças que atuam em objetos imersos em água**

5 Densidade	<p>Objetivo Principal: Consolidar conceitos sobre densidade através de observação experimental relacionando sua aplicabilidade em atividades humanas e em fenômenos da natureza.</p> <p>Objetivo Específico:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Demonstrar por meio de sistemas experimentais a propriedade de densidade</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Demonstração de modelo didático</li> <li>• Prancha didática relacionada à densidade</li> <li>• Procedimentos experimentais:</li> <li>• Submersão de dois objetos de mesmo volume com quantidades de massas diferentes na água.</li> <li>• Flutuabilidade do ovo cru em água "pura" e água misturada com sal de cozinha.</li> <li>• Geração de uma torre líquida.</li> </ul>
6 Princípio de Arquimedes (Empuxo)	<p>Objetivo Principal: Definir empuxo, explicando por que objetos ficam aparentemente mais leves quando mergulhados em água em relação ao meio externo à água.</p> <p>Objetivo Específico:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Construir um sistema experimental que demonstre a existência do empuxo, correlacionando sua importância com a flutuabilidade dos objetos presentes em corpos hídricos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Verificação do comportamento de objetos de massas conhecidas quanto à força peso real e aparente em situações em que estes objetos estão imersos e fora d'água, respectivamente.</li> </ul>

As filmagens foram realizadas no laboratório de biologia, sendo o processo de edição executado por meio do Software Camtasia Studio 8.

No processo de edição das videograções, foram inseridos códigos digitais de acionamento rápido por meio do aplicativo *QR code Monkey* (<https://www.qrcode-monkey.com>), com a finalidade de acesso a questionários para verificação de aprendizagem, além dos roteiros relativos aos experimentos para divulgação entre os docentes, cumprindo o papel de uma espécie de formação continuada.

Quanto à inserção de legendas, esta foi realizada por meio de transcrição prévia dos vídeos com a mediação de um programa presente no *YouTube Studio* (<https://studio.youtube.com>).

Em relação à gravação do processo de interpretação em Libras, este se realizou assincronicamente à produção das gravações dos experimentos, ou seja, após a edição das filmagens, incluindo a legendagem. A edição adicional para a inserção da janela de tradução no vídeo foi feita observando as diretrizes da ABNT 15290.

Dado a existência de termos técnicos-científicos, foi produzido um glossário, consultando repositórios nos seguintes sítios eletrônicos, INES (molécula em libras - SinQui / INES - Sinalário ilustrado de química em libras, <https://bit.ly/3wQ5wbY>); IFSC Palhoça Bilíngue (<https://bit.ly/3kvwMKl>) e *Spread The Sign*, (<https://bit.ly/2UVyKcj>).

Prosseguindo, em relação ao método de avaliação das videoaulas produzidas, considerou-se a participação de docentes das disciplinas de ciências e biologia, além de pedagogos e/ou docentes que trabalham diretamente com alunos surdos. A estratégia para recrutamento dos referidos docentes consistiu em convite virtual para acesso aos links das videoaulas e, subsequentemente preenchimento do questionário correspondente à pesquisa de opinião, produzido pela ferramenta Formulário do site Google (<https://bit.ly/3ezyvKZ>), sendo esta estratégia adotada em virtude do contexto pandêmico.

Quanto à avaliação qualitativa, foram feitos gráficos do tipo Radar e análise de frequência relativa sobre os dados gerados da aplicação da escala Likert. Menciona-se que os docentes participantes desta investigação deveriam estar matriculados regularmente em instituições públicas ou privadas de ensino.

A construção da referida página no canal do *Youtube* apresenta recursos de comunicação assíncrona com a finalidade de analisar as sugestões e críticas dos usuários, gerando um recurso para a promoção do aperfeiçoamento no processo de produção de filmagem.

#### 4. Resultados

Este projeto foi desenvolvido por meio de uma cooperação interinstitucional, envolvendo uma Instituição Federal de Ensino, a saber, Colégio Pedro II (Rio de Janeiro) e uma Escola Municipal com foco em Inclusão pertencente à Cidade de Niterói (Escola Municipal Paulo Freire).

Entendendo a importância da comunicação em Libras para efetivação cognitiva dos educandos com perda auditiva, inicialmente à produção das videoaulas, realizou-se uma pesquisa em repositórios com caráter de glossários para a recuperação de sinais instituídos relativos a termos científicos associados à água.

No processo de busca, prontamente detectou-se escassez de produções documentadas e publicitadas em sítios eletrônicos institucionais de credibilidade, uma vez que não se garantia premissas como (a) emergência do sinal a partir do surdo, respeitando a cultura surda, ou (b) referências de universalização destes referentes como sinal linguístico em níveis territoriais abrangentes, incluindo os níveis regionais brasileiros ou de caráter nacional.

Desta investigação, foram elencados 18 sinais a partir dos quais realizamos a gravação, baseando-se, portanto, em sinais já existentes e reconhecidos pela comunidade para servir como glossário de apoio aos discentes durante a realização das atividades. Na figura 1 podemos visualizar fotoregistros obtidos dos vídeos produzidos.

O presente glossário contém os seguintes termos: átomo, ânion, camadas eletrônicas, elemento químico, elétron, íons, líquido, mistura heterogênea, mistura homogênea, molécula, nêutron, núcleo, próton, solidificação, sólido, sublimação, substância, vaporização. Este glossário foi postado no site do Educapes: <https://bit.ly/3BgWYb7>, <https://bit.ly/3BjQ6QJ>, <https://bit.ly/3zdz5FR>, <https://bit.ly/3rlnTUT>, <https://bit.ly/2V1vAnq>.

**Figura 1.** Glossário contendo os termos ânion, átomo, elétron, íon, solidificação e vaporização.



Fonte: Arquivo pessoal

As filmagens foram realizadas no laboratório de Biologia do colégio sendo empregados recursos adquiridos de verbas de fomento à pesquisa, provenientes da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio de Janeiro e da Pró-reitora de Pós-Graduação, Pesquisa, Extensão e Cultura do Colégio Pedro II.

A produção de videoaulas subdividiu-se em três etapas que podem ser assim descritas:

1. Reprodução experimental em laboratório próprio, objetivando testar a viabilidade da execução dos experimentos selecionados, considerando parâmetros como exequibilidade e biossegurança, além da definição de ângulos de enquadramento que demonstrassem a ocorrência dos fenômenos gerados

- na experimentação ou demonstração dos modelos didáticos, tendo em vista o registro destas observações na composição dos roteiros para filmagem;
2. Aplicação das práticas experimentais e promoção da interação dos discentes surdos e ouvintes com os modelos produzidos (Figuras 2 e 3). Visando o aumento da eficácia por ocasião da ministração das videoaulas, considerando as previsibilidades em termos de espectro de dificuldades observados na ministração das oficinas experimentais e demonstração dos modelos aos educandos surdos e ouvintes, nesta etapa objetivou-se o aperfeiçoamento dos recursos didáticos produzidos quanto às suas insuficiências no processo de transmissibilidade do conhecimento; reconhecimento e registro das dificuldades surgidas no processo de comunicabilidade, executando levantamento das dificuldades de comunicação em libras e prevendo o estabelecimento de descritores na ausência de sinais de termos técnicos; formação de uma espécie de inventário em relação às dificuldades inerente à compreensão dos conceitos e fenômenos subjacentes à temática água.
  3. Filmagem, edição e legendagem, considerando parâmetros qualitativos como perspectivação, tempo, atendimento das necessidades dos alunos ouvintes e surdos alvos do estudo.

Figura 2. Aplicação dos experimentos com os alunos do Colégio Pedro II.



Fonte: Arquivo pessoal.

Figura 3. Aplicação dos experimentos no laboratório com alunos da rede municipal de Niterói



Fonte: Arquivo pessoal.

Prosseguindo, para a produção dos vídeos propriamente, foram considerados como diretrizes, parâmetros correspondentes à (1) observação do bilinguismo, uma vez que fornece um processo de explicação em Libras e uma audiodescrição em língua portuguesa, consubstanciada pela legenda, (2) além de contextualizar o processo pedagógico com os pressupostos da didática imagética, recorrendo a recursos como modelos e experimentos como suplementos para efetivação da comunicação dos conhecimentos científicos.

Secundariamente, o processo de produção das videoaulas não se eximiu dos pressupostos da metodologia científica, estabelecendo, por exemplo, sistemas controle para contrastes dos resultados e emergência do conhecimento científico pela observação. Ao todo, foram produzidas cinco videoaulas, totalizando 83 minutos de comunicação científica sobre a temática água (Figura 4).

Figura 4. Fotoregistro dos vídeos produzidos.



Fonte: Arquivo pessoal.

Os vídeos produzidos foram depositados em um sítio eletrônico de domínio público, disponibilizando-os, prontamente, como recursos a consultas de docentes, intérpretes, estudantes ouvintes e surdos, concretizando um objetivo de divulgação científica, dos conhecimentos abordados (Tabela 1).

**Tabela 1.** Endereços eletrônicos correspondentes às videoaulas com tradução em Libras

Videoaula 1 - Água - Introdução (Importância e Caracterização Molecular) Parte I	<a href="https://bit.ly/3zcT87p">https://bit.ly/3zcT87p</a>
Videoaula 2 - Água - Introdução (Importância e Caracterização Molecular) Parte II	<a href="https://bit.ly/2UUBPJt">https://bit.ly/2UUBPJt</a>
Videoaula 3 - Comportamento das Substâncias em Meio Aquoso: A Água Como Solvente Universal.	<a href="https://bit.ly/3riScf0">https://bit.ly/3riScf0</a>
Videoaula 4 - Estados Físicos da Água e Conversões	<a href="https://bit.ly/3x0xNNf">https://bit.ly/3x0xNNf</a>
Videoaula 5 - Estudo da Densidade e sua Influência sobre Objetos Imersos em um Líquido -	<a href="https://bit.ly/3kvEUKV">https://bit.ly/3kvEUKV</a>

Fonte: Arquivo pessoal.

O processo de investigação quanto à opinião sobre a qualidade das videoaulas efetivou-se com a participação de 23 profissionais da educação, que responderam um questionário para este fim dentre os quais, 40% (n = 10) confirmam serem profissionais que atuam diretamente com o público surdo. Quanto à estratificação profissional, aproximadamente 72% (n = 16) atuam como docentes na área de biociências, enquanto 24% (n = 5) são pedagogos e 4% (n = 1) atuam no campo psicológico com enfoque em inclusão.

Sobre a sondagem de suas atuações no campo da Educação Científica, aproximadamente 68% (n = 16) dos profissionais relataram trabalharem em instituições que apresentam laboratórios, sendo que destes, apenas 41% (n = 7) afirmam que os laboratórios têm equipamentos, incluindo vidrarias, reagentes, para realizarem suas atividades práticas. Dos 17 docentes, cujas instituições apresentam laboratórios, apenas 7 (44%) realizam práticas experimentais.

Esses resultados são concordantes com a literatura no que concerne à realidade das escolas públicas em que inexistem um espaço próprio destinado a práticas experimentais ou são subutilizados por falta de recursos e condições de biossegurança (Teixeira e Valle, 1996).

A despeito da proposição de atividades de práticas experimentais frequentemente significar apenas um procedimento mecânico de reprodução das etapas prescritas em um roteiro inflexível, isso não representar garantia de apreensão significativa dos conteúdos. Menciona-se que, numa ambição pedagógica mais modesta, torna-se fundamental à viabilidade de uma constatação empírica dos fenômenos caracterizados de forma expositiva. Isso colabora para um processo de apreensão dos conteúdos que não dependa exclusivamente da abstração (Alves, 2016).

Em última instância, o processo de educação científica é comprometido no seu aspecto de inserção dos educandos ao método de produção de conhecimento científico. Verificando a limitação das aulas de ciências a argumentações problematizadoras

ou à compreensão das inter-relações das variáveis concernentes a um fenômeno de forma algébrica, não escapando as duas intervenções da dependência do exercício da abstração (Santos, 2007).

Prosseguindo, no contexto analítico das opiniões sobre as videoaulas produzidas em libras com foco em demonstrações de modelos e experimentos como subsídio para suplementar à comunicabilidade dos conteúdos (observando os pressupostos da pedagogia visual, bilinguismo e educação científica), em síntese pôde-se observar ótima aceitação do recurso produzido como proposta metodológica de ensino que atende ao público surdo e ouvinte.

O processo de avaliação subdividiu-se, considerando dois grandes grupos profissionais: (a) aqueles que especificamente atuam na educação do surdo; e (b) aqueles que atuam como docentes de biociências, incluindo, química, física e biologia (ciências no ensino fundamental). Assim, no contexto das questões comuns, pode-se verificar que:

Quanto à estética, incluindo parâmetros como tempo e qualidade em termos de aspecto visual, 12% (Figura 5) dos participantes atribuíram uma opinião negativa, verificando principalmente, tratar-se do grupo que trabalha com surdos. Em suas justificativas, percebe-se que as opiniões estão condicionadas à falta de um contraste entre o fundo e alguns fenômenos demonstrados nos experimentos ou ainda, quanto à janela do intérprete, sugerindo modificações neste sentido, conforme expresso a seguir:

“Os vídeos são excelentes e de alta qualidade. Para melhorá-los ainda mais tenho duas sugestões a fazer: 1) quando você mostra as representações, poderia ampliá-las por uns 10 segundos, por exemplo, para quem assiste poder ler e visualizar melhor o que está escrito nelas (por exemplo, as das ligações químicas e a da densidade tive dificuldade para ler, mas com sua explicação dá para entender)” (Participante 19).

“O intérprete estava sem fundo diferenciado (...) causando confusão visual” (Participante 20).

“O professor que fala deve parar de falar ao demonstrar qualquer ação e/ou imagem, para que o surdo possa também parar de olhar o intérprete e observar a ação e/ou imagem. Isso foi o que mais me incomodou nos vídeos. A falta de pausas nas falas para o surdo se concentrar na ação, na demonstração” (Participante 21).

Em relação ao tempo, igualmente 12% (Figura 5) declararam não ser adequado ao telespectador, atribuindo ao declínio da capacidade de manutenção da atenção. Assim, concluiu-se que tais opiniões são proposições positivas para ajustamento técnico sobre o aumento da eficácia dos vídeos em sua proposta, pois todos concordaram de se tratar de um recurso didático relevante para o surdo.

“Tenho dado muitos vídeos aulas durante esse período de isolamento, e percebi que aulas curtas, de 10 minutos, facilitam no processo de entendimento. Então minha sugestão seria para o total de tempo das aulas” (Participante 11).

Quanto à proposta didático-pedagógica (abrangendo os quesitos considerações sobre as explicações, vinculação da transmissão de conhecimento com demonstrações de modelos e experimentações e inferência sobre a aprendizagem

do aluno a partir das videoaulas), a média dos participantes que opinaram positivamente foi de 91% contra 4% dos que opinaram negativamente e 5 dos que foram indiferentes (Figura 5).

Novamente, verificou-se aqui atenção para estratégia específica quanto ao ensino para o surdo: os comentários justificadores das opiniões indiferentes ou negativas consistiram em solicitação de pausa no processo de exposição quando se tratar de demonstrações de estruturas e fenômenos para que haja sincronia entre a atenção devotada à comunicação visual gestual, própria da libras, inerente à atuação do intérprete e a visualização do referente como expressado.

Cita-se ainda, que no processo de avaliação das aulas especificamente há um relato recorrente de que a menos apreciada correspondeu às primeiras relativas à explicação sobre a caracterização estrutural da molécula de água. Interessante que quando a análise é conjugada a justificativa, identifica-se que o critério de não identificação com a videoaula trata-se do fato de não haver experimentos ou ser expositiva, como se segue:

“Estrutura molecular. Ele é o conteúdo mais fechado e técnico” (Participante 2).

“As aulas que menos gostei foram as que não envolveram experimentos que incitam a curiosidade do aluno” (Entrevistada 14).

Entretanto, verifica-se a não compreensão de que o conteúdo é que restringe a abordagem por se tratar de caracterização de estrutura microscópica.

Quanto à importância das videoaulas, todos os participantes concordaram ser um recurso pedagógico apropriado para o educando surdo.

“Todas são interessantes e didáticas” (Entrevistada 8).

“Eu gostei de todas as videoaulas, as explicações foram pertinentes e quando trabalhamos com material concreto há um interesse maior por parte dos alunos” (Participante 6).

Foi questionado aos profissionais relacionados diretamente com os surdos, sobre o fato das videoaulas estarem apropriadas quanto aos pressupostos da pedagogia visual e bilinguismo, ressaltando a necessidade de ajustes da fala por ocasião da manifestação dos fenômenos e demonstrações estruturais, todos concordaram que o projeto está contextualizado com a proposta pedagógica em questão. A presença do intérprete e legenda opcional é importante para a proposta de transmissão de conhecimento ao estudante surdo.

## 5. Discussão e conclusão

As instituições regulares de ensino contemporâneas estão circunstanciadas sob o paradigma da inclusão, requerendo o desenvolvimento de políticas pedagógicas que ultrapassem a meta da simples inserção/socialização do educando com necessidades educacionais específicas, decorrentes de deficiências sensorio-intelecto-motor, isoladas ou combinadas. Há uma demanda premente de garantir o desenvolvimento cognitivo de tais estudantes sob uma perspectiva de geração de estratégias didático-pedagógicas que lhes assegurem acesso em condições igualitárias aos conteúdos curriculares como instituídos nos programas estabelecidos, evitando que informações sejam sonegadas escusas da deficiência, propriamente.

Neste contexto, a efetivação do processo de inclusão não pode prescindir de um atendimento especializado em que seja oportunizado uma inter-relação direta com o educando, uma vez que neste processo há a viabilidade de se reconhecer o capital de conhecimento prévio do aluno em questão, as restrições cognitivas decorrentes da deficiência e a concepção de intervenções com aporte de metodologias e recursos que conduzam aprendizagem num contexto de constante vigilância da eficácia destas estratégias, considerando a heterogeneidade interindividual em termos de necessidades educativas num mesmo modelo de deficiência.

Conjugado à demanda supracitada, há uma urgência de promover educação científica num contexto de letramento, perspectivando não somente à capacitação dos estudantes ao domínio dos recursos científicos-tecnológicos, mas a formação de um estudante capaz de problematizar os avanços científicos quanto a questões éticas e de impacto socioambiental, possibilitando a emergência de uma ciência cidadã em que os conhecimentos emponderem os educandos a coprotagonizarem as transformações decorrentes da pretensa implementação destes saberes quanto suas consequências multidimensionais na sociedade.

Sob estas demandas, o desenvolvimento deste projeto fundamentou-se nos seguintes parâmetros:

- a) *Desenvolvimento de recursos didáticos centrados nas necessidades educativas do usuário (design com foco no usuário)* - Previamente à produção das vídeoaulas, os modelos didáticos e os experimentos selecionados foram submetidos à interação com os alunos ouvintes e surdos, possibilitando elencar um repertório de dificuldades ao público deste estudo, o que resultou na formação de um repertório de previsibilidades em termos de impedimentos cognitivos que puderam ser tratados por ocasião da execução das vídeoaulas. Além disso, as vídeoaulas foram concebidas, observando os princípios do bilinguismo e da pedagogia visual, como abordados anteriormente.
- b) *Introdução dos alunos surdos e ouvintes no laboratório* – Existe toda uma vivência laboratorial que é sonogada aos estudantes, referindo-se ao contato com artefatos e equipamentos que são importantes para as definições de parâmetros quantitativo e qualitativo das experimentações. Isto exige posturas padrões para a execução do que se chamam boas práticas de laboratório, com objetivo de prevenir erros nos resultados condicionados à má utilização dos instrumentos de medida, de reservatório ou de transferência. Portanto, introduzir o estudante no laboratório é oportunizá-lo a vivência de profissionais cientistas, fazendo-lhe reconhecer que o processo empirista de investigação se realiza sobre um contexto de máxima prevenção quanto a interferências de erros próprios da execução. Exigindo assim, que haja reprodutibilidade para validação dos resultados, tanto em nível dos controles instituídos pelos autores da pesquisa, quanto por intergrupos.
- c) *Introdução dos educandos surdos e ouvintes num processo de produção de conhecimento científico no contexto empírico-racionalista* A arquitetura experimental possibilita a imersão do estudante na proposta metodológica de produção de conhecimento circunstanciada pela epistemologia empírico-racionalista. A organização em grupos viabiliza a ocorrência de comunicação (mediada em libras no caso dos estudantes surdos), viabilizando cooperação

em um nível intersubjetivo para a emergência do conhecimento, caracterizando um processo ontogênico de cognição<sup>2</sup>, fundamentado em discussões racionalizadas a respeito das observações verificadas nas reações experimentais.

- d) *Inclusão nas tecnologias digitais de comunicação e informação* - A disponibilização das videoaulas em um sítio de domínio público com possibilidade de discussão por meio de um canal de comunicação, à semelhança dos fóruns virtuais, cumpre uma finalidade de inclusão tecnológica dos estudantes surdos e ouvintes. Análise dos comentários dos mais variados públicos, possibilitará uma espécie de formação de comunidade socializadora do conhecimento, tendo em vista a integração de uma heterogeneidade de perspectivas sobre o tema, concordantes com as vivências de cada indivíduo. Além disso, a aprendizagem pode ser alcançada por ocasião de intervenções dos autores das postagens, caso seja verificadas considerações equivocadas ou insuficientes. Essas ações possibilita um endossamento de uma cultura no contexto das Tecnologias digitais da informação e comunicação (TIDIC) tão cara ao processo de educação à distância como sustentado atualmente.

Prosseguindo, constata-se que a implementação de um processo de educação científica no contexto da pessoa com impedimento auditivo deve suplantar obstáculos antecipadamente inerentes à aprendizagem e à influência da língua de sinais (libras), reconhecendo-a como principal mediador do empoderamento do estudante surdo como partícipe em termos de acesso e apropriação dos bens sociais, em sociedades essencialmente científico-tecnológicas (Alves *et al.*, 2010; Paiva e Bendassolli, 2017). Esclarecemos que o grupo discente surdo é heterogêneo quanto ao domínio de Libras ou língua portuguesa, apresentando um espectro que nas extremidades encontram-se desde os não alfabetizados em alguma língua até aqueles totalmente bilíngues.

Especificamente às videoaulas produzidas, no contexto da comunicação, todos os partícipes concordam que a presença do intérprete, associada com a legenda (sendo esta opcional) é concordante com os pressupostos do bilinguismo no processo educacional do surdo. Além disso, a recorrência de elementos imagéticos com os modelos e os experimentos como subsidiadores suplementares das informações, são adequados, respeitando a pedagogia visual.

Sob a importância das videoaulas legendadas e traduzidas em Libras destacamos: (1) atuam como material de consulta para fins de aprendizagem e revisão; (2) atuam como um material de apoio, contribuindo para formação continuada a docentes, dado o fornecimento dos roteiros e a visualização da demonstração prática; (3) antecipa ao intérprete de Libras, informações técnicas sobre o assunto para revisarem e refletirem sobre um repositório de previsibilidade das possíveis dificuldades geradas no exercício de sua atividade em uma aula real.

Finalmente, incluir o estudante com perda auditiva (e o ouvinte) na educação científica garante-lhe o direito de vivenciar os atributos do processo de produção do conhecimento, fomentando percepções que podem gerar perspectivas quanto

---

<sup>2</sup> A ontogênese cognitiva num contexto epistemológico sócio-histórico-cultural resulta das diversas instâncias de inter-relações a que um indivíduo se contextualiza no processo de seu desenvolvimento. Admite que a importância do desenvolvimento filogenético se refere ao fornecimento do substrato biológico e pondera que a emergência da aprendizagem decorre das mediações realizadas por meio da comunicação, especialmente a linguística.

ao despertar de uma vocação para áreas científicas, além de corroborar para apreensão significativa dos conteúdos por verificação real num contexto “hands on”<sup>3</sup> em que o estudante pode protagonizar as vivências que resultam em aprendizagem.

## Referências

- Alves, C. B., Ferreira, J. de P. & Damázio, M. M. (2010). *A Educação Especial na Perspectiva da Inclusão Escolar Abordagem Bilingue na Escolarização de Pessoas com Surdez*. Brasília: Ministério da Educação/Universidade Federal do Ceará. Disponível em <https://bit.ly/2TplAmi>
- Alves, S.M. (2016). Desenvolvimento humano, cognição e educação: reflexões sob o enfoque histórico-cultural. *Revista Reflexão e Ação*, 24(2), 197-214. <http://dx.doi.org/10.17058/rea.v24i2.4617>
- Aragón, R. (2016). Interação e mediação no contexto das arquiteturas pedagógicas para a aprendizagem em rede. *Revista de educação pública*, 25(59), 261-275. Disponível em <https://www.lume.ufrgs.br/handle/10183/150441>
- Bencze, J. L., Lyn, C., Mei-Hung, C., Reinders, D., Sonya, M.; Christina, S.; Joseph, K. R.; Namsoo, S.; Kyunghee, C.; Hyunju, L.; Sung-Won, K. (2013). Globalization And Science Education. *Cosmos*, 8(2), 139-152. <https://doi.org/10.1142/S021960771250005X>
- Cachapuz, A. C., Pérez, D. G. P., Carvalho, A. M. & Praia, J. (2005). *A necessária renovação do ensino das ciências*. São Paulo: Cortez. Disponível em: <https://bitly.com/cMx9D> .
- Cunha, R. B. (2017). Alfabetização científica ou letramento científico? interesses envolvidos nas interpretações da noção de scientific literacy. *Revista Brasileira de Educação*, 22(68). <http://dx.doi.org/10.1590/s1413-24782017226809> .
- Da Silva, R.I., Xavier, A.L.C., dos Santos, A. L. T. L. & Braz, R. M. M. (2020). Desenvolvimento de sequência didática sobre o tema membrana plasmática como recurso didático-metodológico para promoção de aprendizagem de alunos cegos: Introdução. *Vivências*, 16(31), 269-287. <https://doi.org/10.31512/vivencias.v16i31.255>.
- Lima D. B. de & Garcia R. N. (2011). Uma investigação sobre a importância das aulas práticas de Biologia no Ensino Médio. *Cadernos do Aplicação*, 24(1). <https://doi.org/10.22456/2595-4377.22262>.
- Mariani, R. (2014). *Libras - A construção e a divulgação dos conceitos científicos sobre o ensino de ciências e biotecnologia: integração internacional de um dicionário científico online; Tese de doutorado do curso de Ciências e Biotecnologia*. Universidade Federal Fluminense. Niterói, pp.1-136. Disponível em <https://bit.ly/3exlPmo>
- Mota, A. R. & Rosa, C. T. W. da (2018). Ensaio sobre metodologias ativas: reflexões e propostas. *Revista Espaço Pedagógico*, 25( 2), 261-276. <https://doi.org/10.5335/rep.v25i2.8161>.
- Paiva, J. C. M. & Bendassolli, P. (2017). Políticas sociais de inclusão social para pessoas com deficiência. *Psicologia em Revista*, 23(1), 418-429. <http://dx.doi.org/10.5752/P.1678-9563.2017v23n1p418-429>
- Prince, M. (2011). Ensino de Biologia para Surdos: Conquistas e desafios da atualidade. *Trabalho de Conclusão de Curso de Licenciatura em Ciências Biológicas*. Universidade Presbiteriana Mackenzie. São Paulo. Disponível em: <https://gg.gg/upc.5o> .

<sup>3</sup> O termo “hands on” refere-se a uma proposta didática no contexto do ensino de ciências, fundamentada na execução de experimentos. Intenta-se contextualizar os alunos com as práticas experimentais, fornecendo-lhes roteiros nos âmbitos inflexíveis (com etapas pré-estabelecidas, incluindo o resultado esperado) ou abertos (não mencionando os resultados, expectando que os discentes elaborem suas discussões e conclusões). O objetivo destas metodologias refere-se à promoção cognitiva por meio da operacionalização e o empirismo, exigindo que os educandos coloquem “mão na massa” (Mota e Rosa, 2018)

- 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. <https://doi.org/10.1590/S141324782007000300007> .
- Silva, L. V. & Bego, A. M. (2018). Levantamento Bibliográfico sobre educação especial e ensino de ciências no Brasil. *Rev. Bras. Ed. Esp.*, 24(3), 343-358. <https://doi.org/10.1590/S1413-65382418000300003>
- Villanueva, M., Taylor, J., Therrien, W. & Hand, B. (2012). Science education for students with special needs. *Studies in Science Education*, 48. 187-215. <https://doi.org/10.1080/14703297.2012.737117>
- Teixeira, P. & Valle, S. (1996). Biossegurança. *Uma abordagem multidisciplinar*. FIOCRUZ, Rio de Janeiro. Disponível em: <https://bit.ly/3h144nQ>.
- UNESCO (1994). The Salamanca statement and framework for action on special needs education. Paris: United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization (UNESCO). Disponível em <https://bit.ly/3kDvIEa>
- Zancan, G.T. (2000). Educação científica uma prioridade nacional. *Perspectiva*, 14(1). <https://doi.org/10.1590/S010288392000000300002>

*Cómo citar em APA:*

Da Silva, R., Goudinho, L., Ribeiro, A., Vasconcelos, J., Pinto, S. & Braz, R. M. (2021). Videoaulas acessíveis sobre a temática água como recurso didático-pedagógico para promoção da educação científica. *Revista Ibero-americana de Educação*, 87(1), 95-113. <https://doi.org/10.35362/rie8714528>



## Estamos sendo invadidos: discutindo sobre os conceitos científicos relacionados à pandemia de COVID-19 através da elaboração de memes

Jefferson Silva Costa<sup>1</sup>

Tereza Cristina Cavalcanti de Albuquerque<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Secretaria de Educação de Pernambuco, Brasil; <sup>2</sup> Universidade Federal de Alagoas (UFAL), Brasil

**Resumo.** No processo de ensino e aprendizagem em Ciências, a linguagem multimodal é essencial, e o gênero multimodal *meme* evidencia esta linguagem híbrida, nas interações comunicativas dos estudantes. Para valorizar este tipo de prática social, como um recurso em metodologias inovadoras, a presente pesquisa objetivou investigar como a elaboração de *memes* possibilita a identificação dos conhecimentos prévios dos estudantes sobre a pandemia da COVID-19, através do uso de linguagem multimodal. Nesta pesquisa qualitativa, os dados foram construídos em aulas da disciplina Biologia com a participação de 136 estudantes do ensino médio. Como resultados, os estudantes elaboraram 221 *memes* envolvendo a linguagem multimodal. Estes *memes*, foram analisados e categorizados considerando seu objetivo comunicacional: *memes* de informação (n=62), *memes* de crítica social (n=77) e *memes* de entretenimento (n=82). Os conhecimentos prévios dos estudantes abrangeram temáticas como a necessidade de adotar medidas profiláticas para evitar o contágio, as mutações do vírus, o ensino remoto, e a compreensão sobre a importância do processo de vacinação com críticas diretas ao governo brasileiro. O protagonismo dos estudantes na elaboração de *memes* sobre a pandemia de COVID-19 evidenciou sua capacidade criativa, de comunicação e de reflexão crítica através da elaboração de textos multimodais.

**Palavras-chave:** multimodalidade; ensino médio; cultura digital; metodologias inovadoras.

### *Estamos siendo invadidos: discutiendo sobre los conceptos científicos relacionados con la pandemia de COVID-19 a través de la elaboración de memes*

**Resumen.** En el proceso de enseñanza y aprendizaje de las Ciencias, la comunicación multimodal es imprescindible, y el *meme* destaca el discurso híbrido en las interacciones comunicativas de los estudiantes. Para valorar este tipo de práctica social, como recurso en metodologías innovadoras, la presente investigación tuvo como objetivo investigar cómo la creación de *memes* permite identificar los conocimientos previos de los estudiantes sobre la pandemia de la COVID-19, a través del uso del discurso multimodal. En esta investigación cualitativa, se crearon los datos en las clases de la asignatura de Biología con la participación de 136 alumnos de enseñanza secundaria. Como resultado, los alumnos elaboraron 221 *memes* utilizando el discurso multimodal. Se analizaron dichos *memes* y se clasificaron teniendo en cuenta su propósito comunicativo: *memes* de información (n=62), de crítica social (n=77) y de entretenimiento (n=82). Los conocimientos previos de los estudiantes abarcaban temas como la necesidad de adoptar medidas preventivas para evitar el contagio, las mutaciones del virus, la enseñanza remota y la comprensión de la importancia del proceso de vacunación con críticas directas al gobierno brasileño. El protagonismo de los estudiantes en la elaboración de *memes* sobre la pandemia COVID-19 evidenció su capacidad creativa, comunicativa y reflexión crítica a través de la elaboración de textos multimodales.

**Palabras clave:** multimodalidad; enseñanza media; bachillerato; cultura digital; metodologías innovadoras.

### *We are being invaded: discussing scientific concepts related to COVID-19 pandemic through the development of memes*

**Abstract.** In the teaching and learning process in Science, multimodal language is essential, and the multimodal *meme* genre shows this hybrid language in students' communicative interactions. In order to value this type of social practice as a resource in innovative methodologies, this research aimed to investigate how the development of *memes* enables the identification of students' prior knowledge about the COVID-19 pandemic, through the use of multimodal language. In this qualitative research, data were constructed in Biology classes with the participation of 136 high school student. As a result, students created 221 *memes* involving the multimodal language. These *memes* were analyzed and categorized considering their communicational purpose: information *memes* (n=62), social criticism *memes* (n=77) and entertainment *memes* (n=82). The students' prior knowledge covered issues such as the need to adopt prophylactic measures to avoid contagion, virus mutations, remote teaching, and understanding of the importance of the vaccination process with direct criticism of the Brazilian government. The protagonism of students in the elaboration of *memes* about the COVID-19 pandemic evidenced their creative capacity, communication and critical reflection through the elaboration of multimodal texts.

**Keywords:** multimodality; high school; digital culture; innovative methodologies.

## 1. Introdução

Aprender Ciências equivale a aprender novas linguagens. Cada área do conhecimento possui termos, expressões e representações que foram construídas historicamente e que são empregadas nos processos de ensino e aprendizagem. À medida em que aprofundam os seus estudos, os usuários reconhecem esta linguagem e as suas particularidades, e passam a empregá-la, sendo possível, assim, perceber o domínio de conhecimentos que possuem sobre os conceitos, os fenômenos, os procedimentos e os saberes relacionados às distintas áreas da Ciência, observando a linguagem que utilizam. Esta linguagem, fruto de um longo processo científico e social, se atualiza a partir das novas descobertas do seu campo de conhecimento e de novas formas de representação permitidas pela evolução tecnológica.

Em sala de aula, o domínio da linguagem científica é um dos objetivos da Educação em Ciências, e o docente busca utilizar signos que contenham um significado claro, objetivo e menos propenso à dúvidas. Sobretudo em se constatando o caráter abstrato de vários conteúdos desta área, há a preferência de representar o que há a pretensão de ensinar, e a escolha sobre como realizar esta representação é primordial. E cada vez mais, os docentes têm empregado a representação multimodal. A linguagem multimodal emprega mais de um modo semiótico de forma integrada em seu texto ou discurso, como por exemplo: o modo verbal escrito e o modo visual, constituindo assim, um todo significativo (Kress e van Leeuwen, 2006).

Portanto, em se tratando do texto multimodal em que a linguagem visual e a linguagem verbal interagem, é preciso considerar ambas as linguagens com a mesma importância, sem priorizar uma em detrimento à outra, superando a concepção de que uma “explica” e/ou “ilustra” a outra. Ambas as linguagens têm sua importância e, juntas, são mais potentes (Albuquerque, 2018).

Com o advento das mídias sociais, textos multimodais novos e dinâmicos, tornam-se mais atrativos e, por conta disso, são acessados cotidianamente por grande número de usuários. Exemplos destes textos são os *memes*, *posts* e *webtoons*, que divulgados nas redes sociais tratam dos temas mais diversos e controversos, e além de terem em comum o uso da multimodalidade, também tratam de temas da atualidade. Entre estes temas, alguns envolvem conhecimentos científicos, como é caso da pandemia da COVID-19, que é uma doença respiratória causada pelo vírus *Sars-Cov-2* conhecido popularmente por novo coronavírus (Andersen, Rambaut, Lipkin, Holmes & Garry, 2020).

Os gêneros multimodais presentes na Internet, como os *memes*<sup>1</sup>, são criados e disseminados por usuários das redes sociais que, apesar de não serem considerados especialistas nos assuntos tratados, com criatividade divulgam ideias a respeito, por meio de conhecimentos básicos, relacionando-os a uma imagem e construindo um texto verbal com um viés de humor. Facilmente os *memes* são difundidos por conta de seu forte viés humorístico, no entanto, há também um viés provocativo que pode provocar reflexões críticas sobre os temas tratados.. Fora da sala de aula, os *memes* fazem parte da comunicação cotidiana entre as pessoas, especialmente entre as mais jovens. Para cada notícia que surge, novos *memes* são criados. Os *memes* são meios

<sup>1</sup> Há diferentes definições para memes, que serão apresentadas adiante. A origem do termo tem sido remetida ao estudo desenvolvido por Richard Dawkins intitulado *O gene egoísta* (2007).

multimodais de comunicação, provenientes da internet e apresentam sempre um tema contemporâneo. Há inúmeros *memes* criados sobre a pandemia da COVID-19, no entanto, os *memes* não estão presentes em sala de aula quando os docentes tratam deste conteúdo. Mas por quê?

Quando em Ensino de Ciências discute-se sobre metodologias inovadoras, usualmente, as propostas de inovação apresentam elementos diversificados como experimentos com materiais de baixo custo, jogos e encenações, mas continuam com o foco na ação docente, enquanto aos estudantes resta desenvolver as ações guiadas pelo professor: os passos que devem seguir e o que devem aprender. No presente artigo, busca-se apresentar uma possibilidade de inovação, baseada no protagonismo dos estudantes, através da construção de textos digitais multimodais: os *memes*. Por conta disto, foi proposto que dentro do estudo da disciplina Biologia, os estudantes do ensino médio tratassem sobre um tema bastante atual, que apresenta elementos científicos e sociais em seu bojo: a pandemia da COVID-19. O objetivo do estudo foi, portanto, investigar como a elaboração de *memes* possibilita a identificação dos conhecimentos prévios dos estudantes sobre a pandemia da COVID-19, através do uso da linguagem multimodal. Como objetivos específicos: (1) identificar os objetivos comunicacionais dos *memes* elaborados; (2) avaliar a aproximação com os saberes científicos e possíveis erros (3) identificar as interações multimodais estabelecidas.

## 2. A pandemia de COVID-19 e o contexto educacional

Desde fevereiro de 2020, quando o primeiro caso da COVID-19 foi notificado no Brasil (Palácio & Takenami, 2020), a pandemia tornou-se assunto muito presente no cotidiano dos brasileiros. A partir desse momento, passou a ser amplamente divulgada, especialmente nas redes sociais, a necessidade do distanciamento social e do uso de máscaras para conter o avanço do novo coronavírus. Todavia, Bezerra, Silva, Soares e Silva (2020) destacam que muitas dessas práticas têm sido controversas no país, especialmente em função dos impactos que as medidas restritivas ocasionam no cotidiano da população.

No contexto de sala de aula, a pandemia da COVID-19 pode propiciar amplas discussões sobre conhecimentos científicos que, eventualmente, podem ser ignorados nas mídias sociais, as quais os estudantes possuem fácil acesso. Um estudo de Basch, Hillyer e Jaime (2020) observou que menos de 10% dos vídeos veiculados entre março e abril de 2020 com a *hashtag* "#coronavírus", na rede social *Tik Tok*, mencionavam transmissão, sintomatologia e mecanismos de prevenção da COVID-19. Esse dado é ainda mais preocupante ao considerarmos que a plataforma de vídeos *Tik Tok* é muito popular entre jovens com idade de 13 a 24 anos, faixa etária que abarca estudantes de ensino básico/superior no Brasil.

Neste sentido, apesar de reconhecermos a importância das redes sociais para o processo de disseminação das práticas que podem conter o avanço do novo coronavírus, conforme elucidam Latgé, Araújo e Júnior (2020), é crucial compreender, também, que a ampla possibilidade de divulgação de informações, oferecida pelas mídias digitais, é uma questão de duas óticas: se por um lado oportuniza informações baseadas em dados científicos sobre a doença, por outro possibilita a divulgação de

informações equivocadas e abre espaço para as *fake news*, que dificultam o trabalho de controle da pandemia (Basch *et al.*, 2020; Latgé *et al.*, 2020; Palácio & Takenami, 2020).

Tão logo, é crucial que os professores incorporem temáticas relacionadas a pandemia da COVID-19 no contexto educacional e, por consequência, promovam um debate sobre a importância da adoção das medidas preventivas. Além disso, por se tratar de uma doença infectocontagiosa, é possível despertar o interesse dos estudantes para diversos conhecimentos científicos a partir da curiosidade sobre um tema tão atual.

A este respeito, Oliveira, Candito, Guerra e Chitolina (2020) desenvolveram uma proposta educativa no processo de ensino remoto, cujo tema gerador era o novo coronavírus. Os autores destacaram a importância de realizar a contextualização dos conteúdos científicos para despertar o interesse do sujeito educando, salientando o engajamento dos estudantes na realização das atividades propostas. Para além disso, Palácio e Takenami (2020) argumentam que o maior obstáculo para promover o processo de sensibilização para adoção das medidas preventivas reside na forma como as práticas educativas sobre temas relacionados a saúde se constituem no Brasil, uma vez que estas “ainda se encontram fortemente marcadas por concepções tradicionais e verticalizadas, e têm se revelado de forma pontual e fragmentada” (p.11).

Portanto, é crucial que o processo de Educação em Ciências comece a se inteirar dos assuntos do cotidiano dos estudantes, especialmente quando relacionados às questões de saúde pública, como é o caso da pandemia da COVID-19. Este processo, na concepção de Costa e Carneiro-Leão (2020), pode oportunizar uma nova forma de educar em saúde, indo além das práticas normalizadoras comuns e que têm logrado pouco êxito na atualidade. Entretanto, não basta apenas haver contextualizações diversas. É preciso conceder protagonismo ao estudante para que ele possa se expressar e, por consequência, participar ativamente do processo de construção do conhecimento. Lucena (2018) salienta que para superar a verticalização, quando se trata de temáticas da área da saúde, é necessário adotar práticas inovadoras, subsidiadas por metodologias ativas de aprendizagem, dialógicas e promotoras de autonomia e empoderamento do educando.

Este processo voltado à horizontalidade, em termos de pandemia da COVID-19, pode proporcionar reflexões sociais importantes que precisam ser abordadas em sala de aula, como é o caso do que Valla (2006) denomina “culpabilização da vítima” (p. 53). Para o pesquisador, este processo consiste em atribuir erroneamente a culpa direta, pelo adoecimento da população, ao agente patogênico e indireta ao próprio sujeito, individualizando um problema de saúde pública, como é o caso da pandemia do novo coronavírus.

Diante da emergência global, ocasionada pela pandemia da COVID-19, é crucial o desenvolvimento de estratégias inovadoras para trabalhar essa temática no ambiente escolar, sobretudo em tempos de ensino remoto. A construção de *memes* por estudantes surge neste contexto, especialmente porque, segundo Dynel (2021), através dos *memes* os sujeitos expressam opiniões sérias a respeito de questões sociais e políticas da atualidade, conforme será abordado.

### 3. Os memes invadindo a sala de aula

A cultura digital<sup>2</sup> que envolve a sociedade atual, possui uma linguagem em constante transformação. Na comunicação através de diferentes meios digitais, as palavras são abreviadas e o emprego de imagens através de *emojis*, figurinhas, *memes* e outros, é uma prática constante das pessoas de diferentes gerações, mas principalmente dos adolescentes e jovens em idade escolar. São estes novos textos, chamados de gêneros textuais digitais, que estão transformando a linguagem, como afirma o pesquisador Marcuschi (2005): “Esses gêneros que emergiram no último século no contexto das mais diversas mídias, criam formas comunicativas próprias com um certo hibridismo que desafia as relações entre oralidade e escrita” (p.21).

Um destes gêneros híbridos são os *memes*. No contexto da sala de aula, o uso de *memes* é uma possibilidade de inovação e de interação com a cultura digital dos estudantes, pois como “um dos principais elementos da cultura digital” (Martino & Grohman, 2017, p.94) os *memes* tem presença constante na comunicação entre seus pares e por conta disto, sua leitura, sua interpretação e sua elaboração são dominadas por grande parte deles. Estabelecer uma proximidade com a linguagem empregada pelos estudantes sem, contudo, perder o rigor e o respeito à cientificidade é um caminho metodológico atraente para mediar os estudos sobre a pandemia da COVID-19, possibilitando uma aprendizagem significativa dos conteúdos de Ciências Naturais.

Na figura 1, é possível observar *memes* que foram veiculados no ano de 2020 no Brasil. Ambos tratam sobre a pandemia da COVID-19. Com viés de humor, chamam a atenção para os sintomas e para a importância do distanciamento social.

Figura 1. Exemplos de memes sobre a epidemia da Covid-19 que circularam no Brasil em 2020.



Fonte: Museu de Memes, UFF (2020).

<sup>2</sup> A cultura digital, segundo Bortolazzo (2016) mantém uma relação intrínseca com “a comunicação dominada pelas tecnologias digitais” (p.12) que é constituída pela interação cotidiana entre as pessoas, as informações e as máquinas. É cultura porque “nos envolve como a atmosfera, algo no qual participamos como produtores, consumidores, disseminadores e que, por isso, tem integrado a vida cotidiana, invadido as casas e interferido nas relações que estabelecemos com o mundo, tanto material quanto simbólico, que nos rodeia” (Bortolazzo, 2016, p.12).

Algumas das características definidoras dos memes são atrativas aos estudantes e podem gerar maior engajamento nas situações de aprendizagem, não apenas sobre os conteúdos das Ciências Naturais, mas sobre os conteúdos das demais áreas de conhecimento. Dentre as características apresentadas em diferentes estudos desenvolvidos no Brasil, principalmente a partir do ano de 2010 (Carvalho, 2020; Martino & Grohman, 2017; Silva, 2019) são evidenciadas: (1) replicação, (2) eventicidade, (3) instantaneidade, (4) facilidade de criação, (5) ausência de autoria, (6) predomínio do uso de imagens combinadas com palavras, (7) paródia e (8) sátira.

O cientista britânico Richard Dawkins cunhou o termo *meme* no livro *O Gene Egoísta*, conceituando-o como replicador cultural. Antes da existência das redes sociais virtuais, que é atualmente o principal espaço de replicação dos *memes*, alguns textos já eram assim considerados, como, por exemplo, as mensagens de e-mail que se replicavam com pequenas modificações, conhecidas no Brasil como “correntes”. O *meme*, assim como o gene, seria um replicador, o responsável pela perpetuação da cultura, da mesma forma que o gene é o perpetuador da vida (Dawkins, 2007). Sobre esta analogia entre *meme* e gene, Leal-Toledo (2013) destaca que quando Dawkins relacionou o *meme* ao gene ele estava “querendo mostrar que o importante do gene não era ser uma molécula de DNA, mas que ele é um replicador, ou seja, algo que faz cópias de si mesmo” (p.186). E assim, o autor propõe que a cultura humana seria copiada e repassada com as transformações que sofreriam para sobreviver e chegar às gerações futuras, como destacam os autores Martino e Grohmann (2017, p.96): “os *memes* também dependem de uma constante mudança e adaptação para garantirem sua permanência na cultura”.

A **eventicidade** é destacada pelas pesquisadoras Marina Lara e Marina Mendonça ao definirem os *memes* como:

Enunciados que podem ser compostos por materialidades verbais, visuais ou verbo-visuais, os quais veiculam humor e ressignificam imagens, acontecimentos, estereótipos e frases para que essa finalidade seja atingida. Assim, é um gênero do discurso que produz humor ligado à sua eventicidade: sua arquitetônica está sempre relacionada a um acontecimento da vida, majoritariamente atual, para a produção de sentido (Lara & Mendonça, 2020, p.189).

Isto significa que a elaboração do *meme* está sempre relacionada ao evento mais atual e por isto, é rapidamente propagado, antes que um novo evento o supere em importância como novidade, refletindo a característica desse recurso em expressar opiniões sobre temas da atualidade (Dynel, 2021). Ao surgir novo evento, novos *memes* surgirão. Um exemplo disso pode ser observado nos *memes* publicados sobre a política nacional brasileira a respeito da vacinação contra a COVID-19<sup>3</sup>, na figura 2.

---

<sup>3</sup> No dia 17 de dezembro de 2020, o presidente do Brasil, Jair Bolsonaro visitou a cidade de Porto Seguro (BA), para anunciar ações do governo sobre variados temas e ao tratar sobre a vacinação “o presidente fez alegações, sem nenhum fundamento ou base científica, dizendo que não havia garantia de que a vacina da Pfizer/BioNtech não transformaria quem a tomasse em “um jacaré”. A declaração foi feita no mês com maior número de mortes por Covid-19 no Brasil, desde setembro de 2020”. No mesmo dia, surgiram vários memes nas mídias nacionais e internacionais que podem ser acessados em: <https://www.museudememes.com.br/sermons/se-tomar-a-vacina-vai-virar-jacare/>.

Figura 2. Exemplos de *memes* sobre a vacinação contra Covid-19 no Brasil

Fonte: *Museu de Memes*, UFF (2020).

A eventicidade, neste sentido, está intimamente relacionada às características de *instantaneidade*, *facilidade de criação* e *ausência de autoria*. As autoras Lara e Mendonça (2020) discutem que a reação instantânea para a elaboração de *meme* ocorre porque isto é fundamental para que o leitor alcance facilmente o seu significado, tendo em vista que a notícia ao qual está relacionado deve estar entre os assuntos em destaque na mídia. Como os *memes*, em sua maioria, são criados a partir de imagens já amplamente conhecidas, a fácil elaboração colabora para que ele seja rapidamente produzido e propagado, o que, por sua vez, não valoriza a identificação da autoria. Neste processo, para o elaborador de *memes* é mais importante observar o alcance ou a repercussão que o *meme* criado pode ter em pouco tempo, do que indicar a sua autoria. Ou seja, a rapidez de produção e propagação é mais valorizada que a autoria:

Em um cenário de produção majoritariamente colaborativa, a discussão sobre autoria dos enunciados digitais torna-se, arriscamos dizer, irrelevante. Vê-se cada vez mais uma valorização, nesse contexto, da instantaneidade, do compartilhamento e da produção de sentidos imediata, quesitos que se “descolam” do conceito de autoria (pensando em um sujeito que produz um enunciado e é reconhecido/responsabilizado por isso). (Lara e Mendonça, 2020, p.191).

A questão da “produção majoritariamente colaborativa”, discutida acima por Lara e Mendonça (2020), salienta que, como a elaboração do *meme* é a partir de imagens largamente difundidas na *Internet*, a autoria do novo *meme* precisaria considerar o primeiro autor, que muitas vezes não é facilmente identificado. No Brasil, os *memes* viralizam tão rápido que, muitas vezes, o público primeiro o recebe e depois vai pesquisar a notícia de referência.

Os autores Martino e Grohman (2017) consideram que na elaboração de *memes* há o *predomínio do uso de imagens e palavras* uma vez que eles “são imagens, dos mais variados tipos, as quais são geralmente acrescentadas palavras que auxiliam a compor uma determinada mensagem” (p.97). Os autores destacam ainda o *meme* como símbolo multimodal e salientam a sua capacidade de ser replicado para comunicar diferentes ideias. Na sociedade brasileira temos como exemplo o *meme*

da personagem Nazaré Tedesco<sup>4</sup>, que é constantemente replicado com a utilização de uma mesma imagem base e nela são inseridos diferentes dizeres, relacionados aos temas mais atuais, como na figura 3 abaixo:

Figura 3. Exemplos de memes da personagem Nazaré Tedesco



Fonte: Museu do Memes, UFF (2020).

Como o meme se apresenta de forma predominantemente multimodal, a sua leitura requer a atenção aos signos visuais e verbais. Em uma análise sobre a composição dos memes, as pesquisadoras Lara e Mendonça (2020) descrevem as sutilezas presentes neste texto multimodal:

A forma composicional estável de um *meme* revela-se por meio de uma imagem, em forma quadrangular ou retangular (podendo ser seccionada), com texto verbal sobreposto (em português ou em outra língua), organizado de forma binária na parte superior e inferior da imagem (sendo nesta que ocorre, geralmente, o enunciado de ruptura que produz humor). Há também a possibilidade de o texto verbal estar presente somente numa dessas duas partes da imagem. O estilo do *meme* também é constituído, muitas vezes, por citação e paródia, isto é, em diálogo com outros textos e outras imagens, podendo citá-los de forma direta ou indireta, ressignificando-os em um novo acontecimento. Em relação ao componente verbal que constitui esse gênero, temos um estilo, de maneira geral, mais próximo da oralidade, o que confere informalidade ao enunciado. (Lara & Mendonça, 2020, p.191)

Logo, a produção de *memes* com rapidez, em resposta a um evento quase instantaneamente é uma forma de valorizar a escrita multimodal que há tanto tempo foi estigmatizada na escolarização. Sem hierarquização. Em um meme, a união entre o verbal e o visual é quase uma regra e quando isto acontece, a supressão de um destes modos prejudicaria a compreensão da ideia que se quer comunicar: os modos se complementam

Em sala de aula o docente usualmente emprega a linguagem oral, as imagens do livro didático e o texto verbal escrito em suas páginas, emprega gestos na explicação, escreve ou desenha no quadro. O docente, neste contexto, parece empregar “naturalmente” uma linguagem multimodal. A sua ação envolve uma linguagem multimodal por excelência, mas não se deve considerar o emprego desta linguagem como uma ação natural. Pelo contrário, esta linguagem empregada através de diferentes meios

<sup>4</sup> A personagem Nazaré Tedesco foi uma vilã, interpretada pela atriz Renata Sorrah, na novela *Senhora do Destino*, do autor brasileiro Agnaldo Silva, veiculada originalmente no ano de 2004 pela Rede Globo de Televisão.

semióticos pode ser estudada, revista, adaptada, ampliada e melhorada para que os objetivos de comunicação sejam atingidos com a menor “flutuação de significados” possível, quando se trata da Educação em Ciências.

Diversos autores (Bautista, Ciannella & Struchiner, 2020; Carvalho, 2020; Dynel, 2021; Felcher & Folmer, 2018; Lara & Mendonça, 2020; Silva, 2019) destacam que a *paródia* e a *sátira* são duas características marcantes dos *memes*. Os eventos ou sujeitos sociais são satirizados através da acentuação das particularidades próprias ou por comparações com outros. A sátira tem um caráter que é irônico, denunciador e sutil, não sendo simplesmente cômico. A paródia, por outro lado, provoca um efeito mais cômico, mas que também leva à reflexão crítica.

Neste sentido, pensar sobre o uso e produção de *memes* em sala de aula para discutir um tema atual como a pandemia da COVID-19, resgata a importância das imagens na comunicação. Este recurso pode ser explorado também para tratar sobre outros conteúdos em sala de aula. O presente estudo ao analisar os *memes* elaborados por estudantes evidencia uma prática educativa que coloca estes estudantes como protagonistas, pois em colaboração com os colegas, foram desafiados a refletir criticamente sobre qual mensagem sobre a COVID-19 veiculariam e quais elementos verbais e visuais seriam os mais adequados.

#### 4. Métodos e materiais

A abordagem metodológica desta pesquisa pode ser compreendida como de cunho qualitativo, visto que o desenvolvimento das atividades, a construção dos dados empíricos e as análises dos dados ocorreram para avaliar o processo de elaboração dos *memes* como uma proposta de prática de ensino inovadora, fornecendo protagonismo aos sujeitos da pesquisa, conforme os pressupostos apontados por Godoy (1995): métodos pautados na interação e no protagonismo dos sujeitos da pesquisa; análises constituídas por processos interpretativos pautados em uma teoria ou técnica específica; e a pesquisa é emergente, posto que não pode ser completamente pré-definida, requerendo dos pesquisadores a adaptabilidade para questões que possam aparecer durante o seu desenvolvimento.

O estudo foi desenvolvido com 136 estudantes de quatro turmas de primeiro ano do ensino médio da rede pública estadual de Pernambuco, Brasil, nos meses de abril e maio de 2021. A prática de ensino, a partir da qual foram construídos os dados empíricos desta pesquisa, ocorreu dentro do cronograma da disciplina de Biologia<sup>5</sup>.

Na aula introdutória, sobre aspectos biológicos da pandemia da COVID-19, foi proposto pelo docente<sup>6</sup> a construção de um espaço de diálogo dividido em quatro situações, a fim de se obter os conhecimentos prévios dos estudantes: 1º) questionamento oral aos estudantes sobre quais as principais mensagens veiculadas nas redes sociais sobre COVID-19; 2º) reflexão sobre se havia informações importantes a respeito da COVID-19, mas com o uso de humor ou sátira; 3º) questionamento sobre o que são os *memes* e suas características; 4º) apresentação de alguns exemplares de *memes* sobre temas diversos, exceto COVID-19, para debate com as turmas.

<sup>5</sup> Os encontros desenvolvidos dentro da programação da disciplina de Biologia ocorreram utilizando a plataforma de reunião virtual Google Meet e a entrega dos trabalhos solicitados aos estudantes ocorreu através do Google Classroom.

<sup>6</sup> O docente da turma é um dos pesquisadores, autor deste artigo.

Na sequência, o docente solicitou aos estudantes que formassem grupos de até cinco componentes e cada grupo deveria elaborar, no mínimo, cinco *memes*. Alguns estudantes optaram por fazer a construção de forma individual. Neste processo de construção de *memes* os estudantes atuaram com autonomia para escolher quais temas relacionados à COVID-19 seriam tratados e se utilizariam ou não as plataformas de criação de *memes* existentes na internet.

Os *memes* elaborados pelos estudantes foram enviados aos pesquisadores para a análise. O processo de análise dos *memes* empregou a técnica de análise de conteúdo, proposta por Bardin (2006). Os pressupostos da análise de conteúdo sugerem três etapas para o tratamento dos dados de uma pesquisa: (1) análise inicial exploratória para definição dos documentos que serão analisados e para a construção de hipóteses; (2) análise dos documentos e definição das categorias em que cada dado será classificado e (3) estudo reflexivo dos dados que produz as interpretações inferenciais.

Além disso, Bardin (2006, p. 147) sugere que a “a maioria dos procedimentos de análise organiza-se em redor de um processo de categorização”, especialmente em se tratando da análise de conteúdo. Dessa forma, os *memes* elaborados pelos estudantes foram categorizados pelos pesquisadores em três grupos de acordo com o seu objetivo comunicacional principal: *memes* de informação, *memes* de entretenimento (Gonçalves, 2016) e *memes* de crítica social. Como *memes* de informação, foram classificados aqueles cujo objetivo foi apresentar informações relacionadas à pandemia da COVID-19 como: a utilização do álcool em gel, da máscara, do respeito ao isolamento social e da importância de evitar aglomerações. Os *memes* classificados como de entretenimento foram aqueles que enfatizaram o humor, o emprego de trocadilhos e situações cômicas relacionadas à pandemia. Estas duas categorias foram propostas por Gonçalves (2016)<sup>7</sup> e empregadas no presente estudo.

A categoria de crítica social emergiu a partir da análise inicial exploratória dos dados (Bardin, 2011) pois a crítica social se fez muito presente entre os *memes* construídos pelos estudantes. Neste sentido, na categoria de crítica social foram classificados os *memes* que satirizavam a demora no processo de vacinação no Brasil, as ações do governo brasileiro e da população perante a pandemia assim como seus impactos na proliferação do vírus e no prolongamento das medidas restritivas.

Posteriormente, o docente retornou para debater com as turmas sobre as categorias em que os *memes* foram classificados. As três categorias de análise e os exemplares de *memes* categorizados foram apresentados e explicados aos estudantes e eles selecionaram<sup>8</sup> os seis *memes* mais representativos de cada uma das três categorias, totalizando 18 *memes*.

A análise do conteúdo dos 18 *memes* selecionados pelos estudantes e apresentados neste estudo considerou os seguintes aspectos: a informação principal sobre a pandemia da COVID-19 comunicada através dos *memes*; a integração entre

---

<sup>7</sup> Em seu estudo, Gonçalves (2016) analisou os memes veiculados em sites que divulgam conteúdos relacionados à aprendizagem matemática e identificou três tipos de *memes*: de informação, de entretenimento e de desafio. Este último, por ser próprio dos conteúdos da Matemática não se adequaram ao presente estudo, sendo substituído pela tipificação: *memes* de crítica social.

<sup>8</sup> Para minimizar o viés de tendência dos pesquisadores, seguindo os pressupostos do estudo de Dynel (2021).

as linguagens verbal e visual; a aproximação com conhecimentos científicos sobre a COVID-19 e possíveis erros conceituais; características da construção de *memes* evidenciadas (eventicidade, sátira, entre outras) e reflexões críticas sobre a pandemia.

## 5. Resultados e discussões

Os estudantes elaboraram o total de 227 *memes* sobre a pandemia da COVID-19 e temas relacionados. Foram observados três tipos de composição: *memes* compostos por imagem e texto verbal (n=199), *memes* com texto verbal e imagens em movimento (n=22) e *memes* com texto verbal sem imagens (n=6). Como um dos objetivos deste estudo foi analisar a interação multimodal estabelecida na composição dos *memes*, foram retirados da amostra estes seis *memes* sem imagens. Então, como amostra deste estudo foram analisados 221 *memes*. Os *memes* foram analisados e agrupados em três categorias: *memes* de informação, *memes* de entretenimento (Gonçalves, 2016) e *memes* de crítica social. A seguir, será apresentada a análise dos 18 *memes* escolhidos pelos estudantes, sendo seis em cada uma das três categorias.

### 5.1 Categoria memes de informação

Os *memes* de informação elaborados pelos estudantes (n=62) e apresentados no quadro 1 discutem sobre as medidas necessárias para evitar o contágio da Covid-19: o uso de máscaras e álcool em gel (M1, M4 e M6), a defesa da vacina em contraposição ao medicamento Cloroquina (M2), a importância de manter o isolamento social mesmo após a vacinação (M3). Ao mesmo tempo que informa, estes *memes* trazem o viés satírico ao ironizar a declaração do presidente do Brasil<sup>9</sup> de que a pandemia era uma “gripezinha” (M1) considerando este sujeito no *meme* como o impostor, ou seja, aquele que finge fazer parte do grupo e defender as mesmas ideias, mas não o faz.

Observando a composição multimodal dos *memes* desta categoria, identifica-se que todos, exceto o M4, foram construídos por quadrantes de imagens menores sinalizando um processo de narratividade (Kress & van Leeuwen, 2006): uma história sendo contada ao integrar as imagens e as palavras. Em cada um dos *memes*, percebe-se que só as palavras ou só as imagens não conseguiriam informar o que se quer (até mesmo no M2, apresenta a palavra “cloroquina” no rótulo da imagem do medicamento). Os pesquisadores Bautista *et al.* (2020) reforçam esta característica multimodal dos *memes*.

O *meme* M1 mostra um diálogo entre os personagens do jogo eletrônico *Among Us*, bastante popular entre os jovens, reforçando a importância da utilização de *memes* no processo de ensino, pois aproxima conceitos científicos ao universo vivenciado pelos estudantes.

<sup>9</sup> O Discurso do Presidente Jair Bolsonaro de 24 de março de 2020, no qual ele denomina a COVID-19 como “gripezinha”, pode ser lido na íntegra em: <https://noticias.uol.com.br/politica/ultimas-noticias/2020/03/24/leia-o-pronunciamento-do-presidente-jair-bolsonaro-na-integra.htm>.

Quadro 1. Exemplares da categoria Memes de Informação

ID	Meme	ID	Meme
M1		M4	
M2		M5	
M3	<p>tomar a vacina e ir p vários rolês///tomar a vacina continuar sem sair de casa</p> <p>9:36 PM - 03 mai 21 - Twitter for Android</p>	M6	<p>Eu pensando se passei álcool em tudo quando cheguei em casa</p>

Fonte: elaboração dos estudantes.

No que se refere à proximidade dos conceitos científicos, os *memes* elaborados com o objetivo de informação, evidenciam que os conhecimentos prévios dos estudantes estão alinhados com as informações disseminadas pela mídia para o controle da pandemia da COVID-19. O *meme* M1, por exemplo, salienta que não é admissível denominar a COVID-19 como *gripezinha* e esta informação é reforçada pelo elevado

quantitativo de óbitos em decorrência da pandemia no Brasil, conforme salientam Palácio e Takenami (2020). No *meme* M2 o personagem apresenta reação negativa ao uso da medicação cloroquina, informação que combate inclusive os *memes* que circulam no Brasil com informações inverídicas sobre a eficácia deste medicamento em um suposto tratamento precoce para COVID-19 e foram difundidas durante a pandemia inclusive pelo governo federal brasileiro (Barcelos *et al.*, 2021; Calil, 2021).

Na análise do *meme* M5 observa-se que os estudantes optaram por utilizar dois personagens vilões de novelas brasileiras distintas. Os personagens Félix<sup>10</sup> e a personagem Nazaré Tedesco, representam um diálogo a respeito do teste positivo para covid-19. O que chama a atenção neste *meme* é a sinalização de distanciamento por parte da participante feminina, inclusive com a inserção da máscara e dos óculos na figura, pois este comportamento é a orientação adequada quando alguém próximo testa positivo (Palácio & Takenami, 2020; Nadanovsky, 2021). Contudo, é preciso refletir sobre como esse distanciamento excessivo pode vir a se tornar o que Valla (2006) denominou de “culpabilização da vítima”, ou seja, a pessoa deixa de ser compreendida como vítima do vírus e passa a ser evitada e responsabilizada erroneamente pelo próprio adoecimento.

A análise dos *memes* de informação elaborados pelos estudantes reitera a aplicabilidade deste gênero digital para a identificação dos conhecimentos prévios que os estudantes possuem sobre a pandemia da COVID-19 e, junto a isto, o desenvolvimento da habilidade de construir textos multimodais. As informações contidas nestes seis exemplares mostram que, em sua maioria, as informações estão condizentes com as fontes e dados científicos e podem até mesmo auxiliar na desconstrução de possíveis distorções do conhecimento científico veiculadas por outros *memes* recorrentes no cotidiano destes estudantes que, apesar de serem expressas em forma de humor, podem disseminar atitudes danosas, conforme já apontado por Bautista *et al.* (2020). Por outro lado, cabe ao docente problematizar, com as turmas, posturas preconceituosas como a culpabilização da vítima (M5) e a ausência de indicações sobre o uso de água e sabão para higienizar as mãos e objetos, sendo indicado apenas o álcool em gel para este procedimento (M1, M4 e M6), pois são recursos mais acessíveis.

## 5.2 Categoria Memes de Entretenimento

Nos *memes* construídos pelos estudantes e categorizados como de entretenimento (n=82) é possível notar nos exemplares exibidos no quadro 2, que a sátira é o ponto forte (Bautista *et al.*, 2021; Carvalho, 2020; Felcher & Folmer, 2018; Lara & Mendonça, 2020; Martino & Grohmann, 2017; Silva, 2019), havendo pouca preocupação em informar ou realizar crítica social (apenas no M12 observa-se o viés de crítica social).

Nos *memes* M7 e M8 foram atribuídas características humanas ao vírus da COVID-19, o que sinaliza uma possível compreensão de intencionalidade do agente etiológico em causar mortes, como se fosse um organismo consciente. Este recurso, é muito comum em *memes* (Dynel, 2021), todavia, é importante a intervenção docente para salientar que na perspectiva biológica os vírus são agentes infecciosos que não possuem discernimento.

<sup>10</sup> A personagem Félix foi um vilão, interpretada pelo ator Matheus Solano, na novela “Amor à Vida”, do autor brasileiro Walcyr Carrasco, veiculada originalmente no ano de 2014 pela Rede Globo de Televisão.

Na análise do *meme* M7 é notória a utilização da metalinguagem: um *meme* sobre fazer *meme*. Este recurso constrói o significado de que os brasileiros não estão levando o vírus *Sars-Cov-2* a sério, e por isso fazem *memes*, satirizam a doença provocada. No *meme* M8, protagonizado pelo personagem Félix (apelidado como Bicha Má na internet brasileira), o processo de estabelecimento de sentidos é a tentativa de fazer humor com a possibilidade de voltar ao passado, sequestrar o vírus e evitar a pandemia. Em ambos os casos (M7 e M8) podemos notar que o vírus é retratado com imagens baseadas na sua representação científica, largamente empregada na *Internet*.

Quadro 2. Exemplos da categoria *memes* de entretenimento

ID	Meme	ID	Meme
M7	<p><b>O COVID VENDO OS BRASILEIROS FAZENDO MEMES COM ELE</b></p> 	M10	<p>Historiadores afirmam que o álcool em gel é algo divino</p> 
M8	<p>Bixa Má voltando no passado, e sequestrando a COVID-19</p> 	M11	<p>Quando a polícia te para e você bebeu...</p> 
M9	<p>O povo na rua me vendo sério: // embaixo da máscara</p>  <p>11:57 - 28 ago '21 - Twitter for Android</p>	M12	<p><b>CORONA BRASILEIRO</b></p> 

Fonte: elaboração dos estudantes.

Os *memes* M9, M10, M11 e M12, satirizam situações em que o sujeito utiliza as normas de prevenção ao contágio para evitar situações adversas (M9, M11), satirizam obras de arte mundialmente conhecidas introduzindo elementos relacionados à pandemia e dizeres diversos na replicação do *meme* (M10) e satirizam a situação de brasileiros que são obrigados a trabalhar durante a pandemia, sugerindo que a infecção com o Coronavírus seria uma possibilidade de folga no trabalho (M12).

De uma forma geral, os *memes* de entretenimento usam fortemente a sátira, imagens replicadas e interação entre imagens e palavras na construção do todo significativo (Kress e van Leeuwen, 2006) e apesar da conotação de humor e de pouca divulgação de informações científicas, não empregam em sua composição elementos que possam induzir o leitor ao erro e conceitos equivocados. Há a preocupação da sátira, mas com o cuidado de manter a salvo as medidas de prevenção tão necessárias no contexto brasileira, ou seja, os estudantes que optaram pelo viés mais satírico do que informativo ou crítico para a elaboração destes *memes*, demonstraram que a sátira não precisa ser baseada na veiculação de dados errôneos. É preciso ter responsabilidade e respeito aos ensinamentos e descobertas da Ciência até mesmo para fazer criações humorísticas.

### 5.3 Categoria *memes* de crítica social

Os estudantes elaboraram 77 *memes* de crítica social. Os dois primeiros exemplares M13 e M14 (quadro 3), fazem críticas diretas ao atual presidente do Brasil, Jair Bolsonaro. No primeiro, o atual chefe do executivo brasileiro é apresentado como um empecilho para os brasileiros se vacinarem, reforçando a importância da educação no processo de sensibilização para a cobrança de mais vacinas. Já o segundo faz referência a um pronunciamento público do mandatário, nas redes de rádio e televisão nacionais, em meados de março de 2020<sup>11</sup>, ao qual ele se referia à pandemia de COVID-19 como “gripezinha”. No *meme*, é possível observar uma associação entre o quantitativo de óbitos no Brasil, na época de sua construção, e o discurso do presidente Bolsonaro (mesma citação representada no M1).

Para Calil (2021) o discurso de “gripezinha” constitui parte de uma estratégia política do governo Bolsonaro para incentivar a denominada “imunidade de rebanho”, que contraria por completo as orientações de todas os principais órgãos de saúde do mundo.

Essa forma de conduzir a pandemia no Brasil é reiterada no *meme* M15, quando há uma sátira em relação as expectativas de casos da COVID-19 em território nacional. Neste *meme*, é possível observar uma associação entre o verbal, o sistema de cores utilizado, às setas e a expressão facial do boneco: no campo da “expectativa” o boneco encontra-se com a expressão facial de confiança na diminuição de casos, representada pela seta descendente; no campo da “realidade” o boneco encontra-se com uma expressão de constrangimento pela elevação do quantitativo de casos, representado pela seta ascendente. As cores de fundo, no entanto, levam o leitor a impressões contrárias às intenções do *meme*, pois o azul é comumente relacionado à situações boas e a cor vermelha é relacionada à situações críticas, perigosas. Neste sentido, há um erro na composição deste *meme*.

<sup>11</sup> O discurso pode ser lido na íntegra em: <https://bit.ly/3ALdgOM>.

Nos *memes* M16 e M17 os estudantes usaram novamente imagens da personagem Nazaré Tedesco. No M16 os estudantes criticam o demorado processo de vacinação no Brasil, reflexão presente também no M13. O *meme* M17 representa uma crítica à dificuldade da utilização correta da máscara pelos brasileiros, que é uma das principais formas de evitar o contágio (Palácio e Takenami, 2020). A situação sinalizada pelo *meme* levanta reflexões a respeito da importância de sensibilizar a população sobre o uso correto da máscara. Segundo Dynel (2021), *memes* relacionados à má utilização da máscara são muitos comuns nas redes sociais, especialmente porque a maioria da população não é habituada ao uso do equipamento.

Quadro 3. Exemplos da categoria *memes* de crítica social.

ID	Meme	ID	Meme
M13		M16	
M14		M17	
M15		M18	

Fonte: elaboração dos estudantes.

No M18 a crítica está relacionada ao trabalho docente nos diferentes níveis, em que professores e professoras foram obrigados a assumirem as aulas remotas como “palhaços” no sentido pejorativo, sem qualificação para isto, porque a vacina não foi distribuída com a rapidez necessária. Sendo exigido que estes profissionais usem todos os recursos necessários (até se vestir de palhaço) para motivar os estudantes nas aulas à distância.

Nos *memes* de crítica social elaborados pelos estudantes observa-se a relação estabelecida entre as decisões do presidente do Brasil e o agravamento da epidemia no país. Este tipo de reflexão é importante para demonstrar que o gênero *meme* pode suscitar nos leitores a compreensão de que o desrespeito aos conhecimentos científicos, por parte dos governantes, pode gerar consequências graves para a população. Ou seja, política e Ciência estão intrinsecamente envolvidas, e a divulgação de informações corretas sobre a Covid-19 colabora para que a população possa tomar as decisões mais acertadas nestes dois campos.

#### 5.4 Algumas reflexões

Neste estudo foi observado que muitos dos *memes* analisados (M4, M5, M6, M8, M9, M14, M16, M17) são replicações de *memes* brasileiros com a substituição do texto e inserção de elementos gráficos (máscara, álcool em gel) e outras adaptações para relacioná-los à pandemia da COVID-19. Este processo característico da construção deste gênero digital já foi apontado por diversos autores (Dyner, 2021; Bautista et al, 2020; Lara & Mendonça, 2020; Leal-Toledo, 2013; Martino & Grohmann, 2017; Silva, 2019), o que destaca a versatilidade desse recurso para o processo de ensino, especialmente porque é de fácil elaboração, utiliza recursos da comunicação usual dos estudantes e trata de temas sempre atuais, o que Lara e Mendonça (2020) chamam de eventicidade. A replicação pode ser constatada fortemente nos *memes* M6 e M16: ambos são constituídos pela mesma imagem base, contudo, o recurso verbal mudou o tom, fazendo com que fossem classificados em categorias distintas na análise.

Outro importante destaque são os *memes* elaborados pelos estudantes que indicaram as dificuldades que o Brasil possui, desde o começo da pandemia, em promover medidas de isolamento social eficazes (Calil, 2021; Palácio & Takenami, 2020; Latgé et al., 2020;), o que tem levado o país ao destaque internacional em número de mortes e infectados na pandemia. Porém, é importante salientar que existem vários obstáculos para a prática do isolamento social no país: ausência de saneamento básico em residências periféricas, impossibilidade de ficar em casa por conta do trabalho, dificuldade de comprar máscaras adequadas, dentre outras questões (Bezerra et al., 2020). Assim sendo, o emprego do uso de *memes* foi imprescindível para possibilitar a discussão sobre as questões sociais relacionadas à pandemia no contexto de sala de aula, sobretudo associada à interpretação e elaboração de *memes* pelos estudantes, ressaltando o seu protagonismo.

## 6. Considerações finais

Ao longo desse estudo foi apresentado um conjunto de reflexões sobre a importância de inserir a elaboração de *memes* por estudantes no processo de ensino e aprendizagem, especialmente no contexto da Educação em Ciências, respondendo

ao problema da existência de poucas práticas inovadoras com protagonismo dos estudantes. O estudo sobre as características constitutivas deste gênero digital e sua inserção no contexto comunicacional dos jovens motivou a efetivação desta proposta metodológica tendo como conteúdo específico a pandemia da COVID-19. Em tempos de pandemia esta proposta tornou-se ainda mais significativa, especialmente porque é através dos *memes* que muitos discursos sobre temas atuais, incluindo a COVID-19, são veiculados nas mídias sociais.

A elaboração de *memes* possibilitou identificar a amplitude de conhecimentos que os estudantes dominam sobre a pandemia da COVID-19, desde a necessidade de adotar medidas profiláticas para evitar o contágio, as mutações do vírus, o ensino remoto, e a compreensão sobre a importância do processo de vacinação, até as reflexões sobre os impactos sociais que os diferentes agentes sociais (como o governo brasileiro) provocam.

A presente pesquisa também evidenciou que a partir da identificação dos conhecimentos prévios dos estudantes, é importante a ação docente para aprofundar algumas questões como, por exemplo, a discussão sobre o cuidado em não transformar o isolamento de pessoas contaminadas com COVID-19 em preconceito, incorrendo no processo de culpabilização da vítima, e a compreensão de lavar as mãos com água e sabão como um dos principais mecanismos de evitar a proliferação do vírus.

Os 136 estudantes elaboraram 221 *memes* envolvendo as linguagens verbal e visual de forma integrada. O total de *memes* foi analisado e categorizado a partir de seu objetivo comunicacional da seguinte forma: 62 *memes* de informação, 82 *memes* de crítica social e 77 *memes* de entretenimento. Destaca-se, assim, que é possível tratar temáticas sérias, com base em dados científicos relacionados a COVID-19, através da utilização de *memes*, em que a tônica é a sátira. Não houve grande disparidade entre a quantidade dos três tipos de *memes* elaborados, mas a tônica da crítica social foi a mais presente, evidenciando a criticidade do público jovem sobre este tema que coaduna aspectos científicos, políticos e sociais e cujas ações podem custar vidas humanas.

Nos exemplares apresentados não houve a identificação de informações incorretas relacionadas à COVID-19, no entanto, foi identificada uma limitação: a ausência de *memes* que abordassem um hábito de higiene básico e muito recomendado pela OMS (Organização Mundial da Saúde): lavagem das mãos com água e sabão, destacando apenas o uso do álcool em gel. Isso pode sinalizar a subestimação deste hábito importante de profilaxia à infecção e, por consequência, de controle da pandemia. Esse entendimento pode ser desconstruído no contexto de sala de aula, com a ação docente de esclarecimento que o álcool só deve ser utilizado na ausência de água e sabão, bem como na explicação sobre a constituição da membrana lipídica do vírus da COVID-19.

Na composição dos 221 *memes* foram empregadas construções multimodais. Palavras e imagens estiveram juntas compondo um significado coeso, em que a ausência de um destes entes poderia provocar a perda de significado do *meme*, ou seja, a mensagem não seria comunicada sem esta interação multimodal. Como

uma das características mais marcantes deste gênero digital advindo da internet, a presença do visual e do verbal foi valorizada pelos estudantes em *memes* atrativos e que exerceram diferentes objetivos comunicativos como informar, entreter e criticar.

Oportunizar aos estudantes o protagonismo na elaboração de *memes* sobre a pandemia COVID-19 contribuiu para evidenciar a importância de valorizar a cultura digital da qual fazem parte, estabelecendo as conexões necessárias com os saberes escolares através da criatividade e da reflexão crítica na construção de textos multimodais.

## Referências

- Albuquerque, T. C. C. (2018). *Uma imagem vale mais com mil palavras: estudo sobre a produção de textos multimodais para o ensino do conceito de respiração pulmonar*. 186 f. Tese (Doutorado em Ensino das Ciências e Matemática) – Universidade Federal Rural de Pernambuco. Pernambuco, Recife.
- Andersen, K. G., Rambaut, A., Lipkin, W. I., Holmes, E. C. & Garry, R. F. (2020). The proximal origin of SARS-CoV-2. *Nature Medicine*, 26, 450–452. <https://doi.org/10.1038/s41591-020-0820-9>.
- Barcelos, T. do N, Muniz, L. N., Dantas, D. M., Cotrim Junior, D. F., Cavalcante, J. R., & Faerstein, E. (2021). Análise de fake news veiculadas durante a pandemia de covid-19 no Brasil. *Revista Panamericana de Salud Publica*, 4. <https://doi.org/10.26633/RPSP.2021.65G>.
- Bardin, L. (2011). *Análise de conteúdo*. São Paulo: Edições 70.
- Basch, C. H., Hillyer, G. C. & Jaime, C. (2020). COVID-19 on TikTok: harnessing na emerging social media platform to convey importante public health messages. *International Journal of Adolescent Medicine and Health*. <https://doi.org/10.1515/ijamh-2020-0111>.
- Bautista, J. B., Ciannella, D. & Struchiner, M. (2020). Adolescência em *memes*: análise das representações de alunos do ensino fundamental. *Revista Exitus*, 10, 1-31. <https://doi.org/10.24065/2237-9460.2020v10n1ID1214>.
- Bezerra, A. C. V., Silva, C. E. M., Soares, F. R. G. & Silva, J. A. M. (2020). Fatores associados ao comportamento da população durante o isolamento social na pandemia de COVID-19. *Ciência e saúde Coletiva*, 25(suplem. 1), 2411-2421. <https://doi.org/10.1590/1413-81232020256.1.10792020>.
- Bortolazzo, S. (2016). O imperativo da cultura digital: entre novas tecnologias e estudos culturais. *Cadernos de Comunicação*, 20(1). <https://doi.org/10.5902/2316882X22133>.
- Calil, G. G. (2021). A negação da pandemia: reflexões sobre a estratégia bolsonarista. *Serv. Soc. Soc.* 140, 30-47. <http://dx.doi.org/10.1590/0101-6628.232>.
- Carvalho, A. G. de. (2020). O não verbal na leitura de *memes* no ensino-aprendizagem de espanhol como língua adicional. *Revista (entre parênteses)*, 9(1). <https://doi.org/10.32988/rep.v1n9.1133>.
- Costa, J. S. & Carneiro-Leão, A. M. dos A. (2020). Campanha sanitária e educação em ciências para a saúde: construção de sentidos sobre impresso para o combate a transmissão não vetorial do zika vírus. *Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências*, 22(1). <https://doi.org/10.1590/1983-21172020210131>
- Dawkins, R. (2007). *O Gene Egoísta*. São Paulo: Companhia das Letras.
- Dynel, M. (2021). COVID-19 *memes* going viral: On the multiple multimodal voices behind face masks. *Discourse & Society*, 32(2), 175–195. <https://doi.org/10.1177/0957926520970385>.
- Felcher, C. D. O. & Folmer, V. (2018). A criação de *memes* pelos estudantes: uma possibilidade para aprender matemática. *Revista Tecnologias na Educação*, 10(25).

- Godoy, A. S. (1995). Pesquisa qualitativa: tipos fundamentais, *Rev. adm. empres.*, 33(5), 20-29 <https://doi.org/10.1590/S0034-75901995000300004>
- Gonçalves, P. G. F. (2016). Memes e educação matemática: um olhar para as redes digitais. *Anais do Encontro Nacional de Educação Matemática*, São Paulo, SP, Brasil.
- Kress, G. & Van Leeuwen, T. (2006). *Reading images: the grammar of visual design*. London, New York: Routledge.
- Lara, M. T. de A. & Mendonça, M. C. (2020). O meme em material didático: considerações sobre ensino/aprendizagem de gêneros do discurso. *Bakhtiniana, Rev. Estud. Discurso*, 15(2), 185-209. <https://doi.org/10.1590/2176-457342169>.
- Latgé, P. K., Araujo, D. N. & Junior, A. G. S. (2020). Comunicação, educação e vigilância em saúde em tempos de COVID-19: a experiência das comunidades de Niterói, RJ. *APS em revista*, 2(2), 122-127. <https://doi.org/10.14295/aps.v2i2.110>.
- Leal-Toledo, G. (2013). Em busca de uma fundamentação para a Memética. *Trans/Form/Ação*, 36(1), 187-210. <http://dx.doi.org/10.1590/S0101-31732013000100011>.
- Lucena, R. C. B. (2018). *Educanvisa: considerações para a análise no contexto da política brasileira*. In.: Lacerda, E. & Hexsel, R. (Orgs.). *Educação em vigilância sanitária*. Brasília: Agência Nacional de Vigilância Sanitária, pp. 54-58.
- Marcushi, A. L. (2005). *Gêneros textuais & ensino*. 4ª ed. Rio de Janeiro: Lucerna.
- Martino, L. M. S. & Grohmann, R. (2017). A longa duração dos memes no ambiente digital: um estudo a partir de quatro geradores de imagens online. *Revista fronteiras – estudos midiáticos*, 19(1), pp. 94-101. <https://doi.org/10.4013/fem.2017.191.09>.
- Nadanovsky, P. P. (2021). *Como interpretar os benefícios das vacinas contra covid-19?*. Informe ENSP, Fiocruz, recuperado em 12 de maio, 2021 de <https://www.arca.fiocruz.br/handle/icict/46811>.
- Oliveira, F. V., Candito, V., Guerra, L & Chitolina, M. R. (2020). Aprendizagem baseada em problemas por meio da temática coronavírus: uma proposta para ensino de química. *Interfaces Científicas*, 10(1), 110–123. <https://doi.org/10.17564/2316-3828.2020v10n1p110-123>.
- Palácio, M. A. V. & Takenami, I. (2020). Em tempos de pandemia pela COVID-19: o desafio para a educação em saúde. *Vigil. Sanit. Debate*, 8(2), 10-15. <https://doi.org/10.22239/2317-269x.01530>.
- Silva, D. L. S. (2019). Os memes como suporte pedagógico no ensino de história. *Periferia*, 11(1), 162-178. <https://doi.org/10.12957/periferia.2019.36408>.
- UFF (2020). *Museu de Memes*. coLAB / Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia em Democracia Digital - Universidad Federal Fluminense. <https://museudememes.com.br/>
- Valla, V. V. (2006). Controle social ou controle público?. In.: De Seta, M. H., Pepe, V. L. E. & Oliveira, G. O. de. (Orgs.). *Gestão e vigilância sanitária: modos atuais do pensar e fazer*. (cap.3, pp. 49-60). Brasil: Editora da Fundação Oswaldo Cruz.

#### Como citar em (APA):

Costa, J. e De Albuquerque, T. C. (2021). Estamos sendo invadidos: discutindo sobre os conceitos científicos relacionados à pandemia de COVID-19 através da elaboração de memes. *Revista Ibero-americana de Educação*, 87(1), 115-134. <https://doi.org/10.35362/rie8714579>

## Sostener el discurso científico en aulas de 4 y 5 años: análisis de las intervenciones de docentes y alumnado y del conocimiento emergente en torno al huerto ecológico escolar

Lourdes Aragón<sup>1</sup> 

Susana Sánchez<sup>1</sup> 

Vanesa García Salado<sup>1</sup> 

<sup>1</sup>Universidad de Cádiz (UCA), España

**Resumen.** Este trabajo estudia el discurso compartido en aulas de Educación Infantil como parte del proceso de alfabetización científica. Se analizan las intervenciones de docentes y niños de 4 y 5 años en el discurso compartido y los esquemas de conocimiento que emergen durante asambleas en torno al huerto ecológico escolar. Las intervenciones han sido transcritas y analizadas con un sistema emergente de categorías consensuado entre expertos. Los resultados indican que la intervención docente en 4 y 5 años se orienta principalmente a la petición de información y aceptación por repetición. Se observa una mayor frecuencia en 5 años de aceptación por reelaboración y retar planteamientos. Respecto de la participación infantil, tanto el grupo de 4 años como el de 5 repiten, elaboran y reestructuran la información dada, si bien en 5 años es menos frecuente la simple repetición. En cuanto al avance conceptual, se identifican respectivamente para las aulas de 4 y 5 años un total de 30 y 56 esquemas de conocimiento vinculados a modelos iniciales del ciclo de vida de las plantas y la idea infantil de huerto. Se concluye que el huerto ecológico es un contexto adecuado para propiciar el discurso científico en edades tempranas.

**Palabras clave:** asamblea de aula, competencia científica, educación infantil, huerto ecológico escolar, discurso científico, esquemas mentales.

### *Sostener el discurso científico en aulas de 4 y 5 años: análisis de las intervenciones de docentes y alumnado y del conocimiento emergente en torno al huerto ecológico escolar*

**Resumo.** Este trabalho estuda o discurso compartilhado em salas de aula de Educação Infantil como parte do processo de alfabetização científica. São analisadas as intervenções de professores e crianças de 4 e 5 anos no discurso compartilhado e os esquemas de conhecimento que surgem durante as assembleias em torno da horta ecológica escolar. As intervenções foram transcritas e analisadas com um sistema de categorias emergentes acordado entre os especialistas. Os resultados indicam que a intervenção pedagógica em crianças de 4 e 5 anos está principalmente orientada a solicitação de informação e aceitação por repetição. Uma maior frequência é observada em crianças de 5 anos de idade de aceitação, através de abordagens de retrabalho e desafio. Em relação à participação infantil, tanto o grupo de 4 anos como o de 5 anos repetem, elaboram e reestruturam as informações fornecidas, embora em crianças de 5 anos a repetição simples seja menos frequente. Em relação ao avanço conceitual, são identificados um total de 30 e 56 esquemas de conhecimento ligados a modelos iniciais do ciclo de vida das plantas e à ideia infantil de jardim, respectivamente para as salas de 4 e 5 anos. Concluímos que a horta ecológica é um contexto adequado para promover o discurso científico desde cedo.

**Palavras-chave:** montagem de sala de aula, concurso científico, educação infantil, horta escolar ecológica, discurso científico, esquemas mentais.

### *Sustaining scientific discourse in 4- and 5-year-old classrooms: analysis of teachers' and students' interventions and emerging knowledge about the school ecological garden*

**Abstract.** This work studies the shared discourse in Early Childhood Education classrooms as part of the scientific literacy process. The interventions of teachers and children aged 4 and 5 are analysed in the shared discourse and knowledge schemas that emerge during assemblies around the school ecological garden. The interventions have been transcribed and analysed with an emergent system of categories agreed among experts. The results indicate that the teaching intervention in 4 and 5 year old is mainly oriented towards information request and acceptance by repetition. A higher frequency is observed in 5 years of approval by reworking and challenging. Regarding children's participation, both 4 and 5 year old repeat, elaborate and restructure the information given, although in 5 year olds simple repetition is less frequent. Furthermore, looking at the conceptual progress, a total of 30 and 56 knowledge schemas linked to initial models of the life cycle of plants and the children's idea of a vegetable garden were identified for the 4 and 5 year old classrooms, respectively. Finally, it can be concluded that the organic garden is a suitable context for promoting scientific discourse at an early age.

**Keywords:** Circle time, scientific competence, early childhood education, school organic garden, scientific classroom, discourse, mental schemas.

## 1. Introducción

La escuela actual busca un cambio didáctico profundo, que plantee metodologías de enseñanza más participativas y activas, para el desarrollo de habilidades científicas y un pensamiento crítico (Garzón y Martínez, 2017). En Educación Infantil (EI), algunos estudios evidencian una escasa presencia de actividades claves para el aprendizaje de las ciencias en las aulas (Cantó *et al.* 2016). Según García-Carmona *et al.* (2014) la regulación española de enseñanzas mínimas para 3-6 años (R.D. 1630/2006, de 29 de diciembre) contempla, de manera explícita y adecuada, el desarrollo de las capacidades propias de la indagación científica y de otras competencias básicas esenciales en la educación científica como la comunicativa, matemática, cultural y digital. Sin embargo, estos autores detectan carencias en el currículum en lo que respecta a la adquisición de competencias relacionadas con la socialización y la afectividad, esenciales para promover una adecuada alfabetización científica desde etapas iniciales.

Por otra parte, la competencia científica, tanto personal como social, incluye “el conjunto integrado de capacidades para utilizar el conocimiento científico a fin de describir, explicar y predecir fenómenos naturales para comprender los rasgos característicos de la ciencia, para formular e investigar problemas e hipótesis, así como para argumentar y tomar decisiones personales y sociales sobre el mundo natural y los cambios que la actividad humana genera en él” (Mérida *et al.*, 2017, p.20). Ese proceso de construcción del conocimiento científico escolar, al igual que ocurre en ciencia con el lenguaje que se genera en las discusiones entre científicos, por ejemplo, es considerado como una de las variables fundamentales (Sanmartí, 2002). Sin embargo, de acuerdo con Izquierdo y Sanmartí (1999), cuando se habla de las habilidades que deben ser enseñadas para aprender ciencias de la naturaleza, pocas veces se priorizan aquellas más relacionadas con la expresión y la comunicación de las ideas, es decir, describir, definir, explicar o argumentar, frente a otras a las que, quizás, se les otorga más importancia, como observar, plantear hipótesis o diseñar experimentos. Es por ello que en las aulas podría darse más importancia a la discusión de las ideas y al uso de un lenguaje personal sobre el que habituarse a argumentar, como paso previo para que el alumnado comience a apropiarse del lenguaje de la ciencia (Sardá y Sanmartí, 2000).

Iniciar el proceso de alfabetización científica en edades tempranas requiere de docentes capaces de diseñar propuestas bien planificadas en el aula que integren procesos científicos (De la Blanca *et al.*, 2013) sobre los que se construyan modelos iniciales, precursores de modelos científicos escolares más complejos que serán trabajados en etapas sucesivas (Canedo-Ibarra *et al.*, 2012; Mazas *et al.*, 2018). Además, siguiendo a García-Carmona *et al.* (2014) ante el currículum de infantil, es necesario emplear el medio como escenario para el aprendizaje de las ciencias, entendiendo este en su sentido más amplio y utilizando una amplia diversidad de recursos didácticos, no solo dentro del aula, también fuera de ella. En este sentido, el huerto toma un papel especial. Estudios recientes evidencian cómo el huerto ecológico puede ser empleado como contexto de enseñanza-aprendizaje de las ciencias de la naturaleza, no solo a la hora de trabajar conceptos vinculados a contenidos propios de esta área

(anatomía y diversidad de las plantas, gestión del agua como recurso), también por desarrollar procedimientos científicos y actitudes positivas hacia el entorno más cercano (Eugenio-Gozalbo, *et al.*, 2020).

Desde esta perspectiva, y a tenor de los resultados obtenidos en investigaciones recientes (Aragón *et al.*, 2021), el presente trabajo tiene como principal objetivo profundizar en el recurso del huerto ecológico y su presencia en los momentos de asamblea. Se pretende analizar de qué forma estos espacios de aprendizaje permiten aflorar esquemas de conocimientos en niños de 4 y 5 años y qué estrategias ponen en juego los docentes para gestionar ese discurso científico compartido con el grupo para propiciar el avance de la competencia científica del alumnado.

## 2. Marco teórico

Existe una larga tradición de estudios sobre la construcción compartida del discurso en el aula y su relación con el aprendizaje efectivo (Mercer *et al.*, 2019) que muestra un avance desde un habla dominante por parte del docente (preguntas cerradas al alumnado y evaluación posterior) que se ha ido sustituyendo por modalidades de interacción más flexibles y adaptadas a una concepción de aprendizaje significativo, en el que la actividad de enseñanza y aprendizaje incluye la explicitación de conocimientos previos del alumnado y se basa en procesos dialógicos de construcción del conocimiento (Wells, 2001; Baker *et al.*, 2019). Esto implica un uso elevado y consciente del lenguaje, con matices y profundidad, que no subestime las capacidades infantiles, que integre sus ideas y con ello asuma de forma decidida el desarrollo de una alfabetización epistémica (Wells, 1987; Mercer, 2017) en la infancia vinculado al avance en la competencia científica del alumnado (Sardá y Sanmartí, 2000). Consideramos, en línea con Monteiro y Jiménez-Aleixandre (2016; 2019) que este compromiso es posible desde edades tempranas, en paralelo al acceso infantil a la oralidad formal y la lengua escrita.

El espacio de la asamblea, consolidado en la escuela infantil como espacio de comunicación oral por excelencia puede permitir el desarrollo de los aspectos más comunicativos de la competencia científica desde una gestión adecuada de la comunicación en el grupo (Díez, 1998; Pozuelos, 2007; Mérida *et al.*, 2015; Sánchez, 2016; Sánchez y González, 2016) e incluir en ella aspectos afectivos y de socialización, como demandan García-Carmona *et al.* (2014). Los estudios indican que la calidad de gestión del docente en estos espacios de comunicación compartida es determinante para la efectividad de los enfoques dialógicos del aprendizaje de las ciencias (Wells, 2001; Mortimer y Scott, 2003; Warwick y Cook, 2019).

En relación con el uso del huerto escolar, ampliamente extendido en España (Germinando, 2018), diversos estudios evidencian su enorme potencial didáctico: supone romper con un modelo teórico de enseñanza, aproximar al alumnado a un espacio abierto y vincular el medio con los problemas que se pueden encontrar en él (Marques y Cuéllar, 2021; Armienta *et al.*, 2019).

El huerto escolar permite mejorar el conocimiento de los estudiantes sobre la producción de alimentos, estimula la creatividad en la búsqueda compartida de soluciones a problemas que se generan en torno a este espacio (Marques y Cuéllar, 2021); mejora significativamente habilidades científicas como la toma de datos y

medidas, promoviendo una actitud favorable hacia las ciencias, o la adquisición de hábitos saludables (Carballido *et al.*, 2021). También permite desarrollar conceptos estructurantes como el de ecosistema y el pensamiento sistémico (Sáez *et al.*, 2017), ambos fundamentales para poder entender y actuar ante muchos de los problemas socioambientales actuales (García, 2003). Rodríguez-Marín *et al.* (2015) inciden en el interés del huerto para el desarrollo de la conciencia ambiental del alumnado frente a la situación de emergencia climática desde marcos alternativos como el decrecimiento. El huerto, así, permite integrar modelos didácticos basados en la investigación escolar en aulas de niños y niñas de 3 años, iniciándose así en la alfabetización ambiental a través del contacto con la naturaleza (Rodríguez-Marín *et al.*, 2021). Sin embargo, aún existe un amplio margen de mejora con relación al uso del huerto para fomentar habilidades propias de la ciencia en EI (Alcántara *et al.*, 2019), por ello, consideramos relevante seguir profundizando en estudios como el que presentamos, que evidencien el uso del huerto ecológico escolar para favorecer el desarrollo de la competencia científica desde edades tempranas y según propuestas actuales (Eugenio y Aragón, 2016).

### 3. Cuestiones de investigación

Nos proponemos analizar el funcionamiento del discurso compartido generado en asamblea de aula y en el marco de un proyecto de diseño y puesta en marcha de un huerto ecológico en la EI. El objetivo general es valorar si el huerto es un contexto de aprendizaje adecuado para promover el discurso científico en la EI. Para ello, este estudio se centra: 1) en las intervenciones de los docentes y del alumnado en el discurso compartido y 2) en los esquemas de conocimiento que emergen en dicho discurso. Para dar respuesta a nuestro objetivo general se plantean las siguientes cuestiones de investigación:

- ¿Cómo gestionan los docentes el discurso científico en distintas sesiones de asamblea en un aula de 4 años y otra de 5?
- ¿Cómo participa el alumnado en el discurso científico compartido?
- ¿Qué esquemas de conocimiento afloran en dichas sesiones?

### 4. Metodología

#### 4.1 Enfoque metodológico

Partimos de un enfoque metodológico cualitativo enmarcado en un paradigma interpretativo, pues se pretende estudiar los significados de las acciones humanas para así interpretar situaciones que afectan a un contexto educativo (Latorre *et al.*, 2003). Se encuentra próximo a un estudio de casos de tipo múltiple (Stake, 2005) en el que se abordan dos aulas, cada una correspondiente a una subunidad de análisis, según Yin (2009). Ambas aulas pertenecen a un mismo centro educativo y la actividad desarrollada en ellas comparte un mismo contexto y planteamiento.

#### 4.2 Escenario del contexto y participantes

La investigación se enmarca en un proyecto de investigación más amplio financiado por la Junta de Andalucía (PIV-040/17) dirigido a evaluar el uso del huerto ecológico como contexto de aprendizaje para el desarrollo de la competencia científica en EI. En este trabajo nos centramos en dos aulas, ambas con 25 niños, que pertenecen al CEIP Reyes Católicos de Cádiz (España):

- Aula de 4 años: 15 niños y 10 niñas y su tutora (26 años de experiencia).
- Aula de 5 años: 15 niños y 10 niñas y su tutor (16 años de experiencia).

Se diseñó e implementó una secuencia didáctica en torno al huerto, en el que se alternaban actividades individuales, en pequeño grupo y en gran grupo. En Aragón *et al.* (2021) se expone en detalle la propuesta diseñada.

#### 4.3 Instrumentos de recogida de información

Se realizaron una serie de reuniones entre investigadoras y docentes para consensuar el sentido de las asambleas que la secuencia didáctica incluía, así como para orientar su gestión del discurso compartido con el alumnado. Se realizaron tres y cuatro asambleas respectivamente por aula, que fueron grabadas en audio y vídeo por las investigadoras, y posteriormente transcritas. Algunos fragmentos ajenos al discurso ligado a la secuencia fueron eliminados.

Se trazaron diferentes pautas de intervención docente para las asambleas, de forma que su organización secuencial permitiera (1) acceder a los conocimientos o esquemas previos del alumnado; (2) profundizar en la estructura de dichos conocimientos; (3) consolidar un conocimiento basado en la evidencia de la experiencia de la puesta en marcha del huerto ecológico.

Para este trabajo tomamos en consideración las tres asambleas que se realizaron paralelamente en ambos cursos de 4 y 5 años, para establecer una comparación entre ellas en lo que respecta a la gestión de la comunicación por parte del docente y a la participación del alumnado en la construcción conceptual del discurso. En la Tabla 1 se expone el sentido de las tres asambleas analizadas.

Tabla 1. Descripción de las asambleas desarrolladas.

Asamblea	Objetivo	Pautas en la intervención docente
Inicial	Explorar esquemas mentales previos del alumnado sobre temas relacionados con el huerto ecológico.	Gestión dirigida a compartir el conocimiento: foco en el contenido expresado sobre la exigencia de participación.
Segunda	Profundizar en el conocimiento previo y puesta en común para su avance mediante la elaboración de una lista de elementos necesarios en un huerto por orden de importancia.	Gestión dirigida a promover la expresión y justificación de relaciones entre elementos del huerto.
Tercera	Discutir y argumentar sobre los fenómenos observados en cuatro experimentos sobre las plantas.	Gestión dirigida promover la expresión de un conocimiento consolidado basado en la evidencia científica

Fuente: elaboración propia.

#### 4.4 Análisis de datos

Las asambleas fueron analizadas desde una perspectiva etnográfica: se ha considerado el discurso construido en interacción como un producto colectivo (Mercer, 2017; Monteiro y Jiménez-Aleixandre, 2019), teniendo en cuenta la distinta posición que adquieren docente y alumnado en dicho discurso, y se ha considerado que pueda haber intervenciones que adquieran más de una función simultáneamente (Leifstein y Snell, 2011; 2019). Esto nos ha llevado a explorar nuestros datos y elaborar un sistema de categorías emergentes que permitan comprender el funcionamiento del discurso analizado. Dichas categorías se identificaron tras el análisis de los datos del aula de 5 años y se aplicaron posteriormente al aula de 4 años.

Tras dividir las transcripciones en secuencias, definidas por su coherencia semántica, se procedió a analizar los datos en dos niveles, que se corresponden con lo que Lemke (1997) denominó respectivamente *patrón estructural* y *patrón temático*. El primer nivel consistió en estudiar los procesos de construcción conjunta del discurso científico, esto es, los turnos de intervención de alumnado y docente. El segundo nivel abordó la organización conceptual presente en el discurso compartido, es decir, explorar qué esquemas de conocimiento científico afloraron en las asambleas a propósito del huerto ecológico. Estos esquemas han podido ser aportados por docente o alumnado, y se contemplan desde una perspectiva de conocimiento en construcción.

##### 4.4.1 Análisis del primer nivel: intervenciones de alumnado y docente

Para las intervenciones de los docentes, se identificaron las categorías emergentes que figuran en la tabla 2 (Aragón y Sánchez, aceptado).

Tabla 2. Sistema de categorías emergentes de análisis del discurso del docente.

Categoría discurso docente	Descripción	Ejemplos (N: niño/a y M: Docente)
1. Petición	Demanda información del alumnado	“M: a ver por ahí ¿qué pensáis, ¿qué ha salido o que no la semilla?”
2. Acepta (repetición)	Acepta la información dada por el alumnado repitiéndola textualmente	“N: no va a sobrevivir; M: no va a sobrevivir”
3. Acepta (reelaboración)	Acepta la información dada por el alumnado reelaborando el discurso para mayor precisión	“N: que que todavía están creciendo, pero están en la tierra”, M: claro están creciendo, pero está debajo en la tierra, es que todavía no ha llegado arriba tardan más en salir porque como estaba aquí abajo...”
4. Se opone o rectifica	No acepta la información dada por los niños	“N: los cactus parecen como plantas, pero no tienen hojas tiene pinchos, pero si lo tocas parece que pincha” M: pero los cactus no son plantas carnívoras eso son otro tipo de plantas, hay muchos tipos de plantas”.

Categoría discurso docente	Descripción	Ejemplos (N: niño/a y M: Docente)
5. Apoya continuidad	Da pie a que quien habla continúe su discurso	"N: sí, pero las plantas hay muchos tipos de plantas. M: ¿y tú crees que todas necesitan agua o solo algunas? N: algunas y otras pueden, otras si quieren echarle agua le echan agua si no quieren pues no la echan".
6. Aporta información complementaria	Explica o aporta nueva información	"M: estas están dobladas porque ya está más grande, ya han germinado mucho y habría que trasplantarlas".
7. Explicita posiciones	Hace explícita información que ha sido construida en el discurso	"M: tú piensas que semillas...y tú que agua..."
8. Confronta posiciones	Presenta informaciones contrastantes que han sido construidas en el discurso	"M: a ver, dice él que el sol no se planta y yo le he preguntado ¿hace falta el sol para un huerto? Y ella dice que sí hace falta ¿por qué has dicho sol?, ¿por qué crees tú que hace falta el sol?, ¿qué hacemos?, ¿qué ponemos?"
9. Reta planteamientos	Exige repensar la información que están manejando	"M: ¿y por qué pensáis que en el algodón sale la semilla si el algodón no es la tierra?, ¿por qué será?"
10. Promueve acuerdo	Propone acordar posiciones	"M: pues entonces ponemos que hay queso en el huerto, y vamos a poner también los garbanzos del huerto en el listado".
11. Explicita acuerdo	Exponer la información refrendada por el acuerdo	"M: ya hemos dicho que el agua, ya hemos pensado todos que sí, que nos hacía falta, pero ahora otra cosa que decíamos que nos hacía falta era la tierra"
12. Valora, felicita, anima	Motiva y valora la participación	"M: regar... muy bien!"
13. Proyecta actividad futura.	Plantea próxima actividad posible	"M: Bueno pues esto que decís del algodón que aquí crece igual, vamos a hacer una cosa, vamos a seguir viéndolas y vamos a ver estas plantas las que están en el algodón cuando se hagan grandes si siguen aquí en el algodón, y las que tenemos en tierra eh, vale, ok?"

Fuente: elaboración propia.

En lo que respecta al alumnado, se estudió en primer lugar de qué forma sus intervenciones contribuían al avance del discurso compartido, y, en segundo lugar, se profundizó en el sentido conceptual de dichas intervenciones, considerando si suponían aporte informativo, aporte de esquemas de conocimiento, argumentación o modelización de esquemas (Aragón *et al.*, 2021). Para ambos análisis se identificaron categorías emergentes. En este estudio nos centramos en cómo las intervenciones infantiles contribuyen al avance del discurso compartido, según el sistema de categorías que presentamos en la Tabla 3.

Tabla 3. Sistema de categorías emergentes de análisis del discurso del alumnado.

Categoría discurso alumnado	Descripción	Ejemplos (N: niño/a y M: Docente)
1. Da información	Interviene en el discurso	"M. ¿qué es un huerto? N: Donde hay tomates"
2. Repite información	Interviene con información ya aportada previamente al discurso	"[Se ha dicho previamente que un huerto es donde hay verduras] M: ¿Donde hay? N: verduras"
3. Elabora información	Avanza en información ya aportada	"N: donde crecen las verduras"
4. Reestructura información	Replantea información ya aportada	"M: (..)¿solo crece con el sol la planta? N: ¡nooo! necesita también muchísima agua, pero que no se pase, porque si no se ahogan..."
5. Hace pregunta	Pregunta sobre información presente en el discurso	"(en relación con la germinación) N: que, que que... ¿al nacer nunca se le tiene que dar prisa?"
6. Concluye	Retoma información construida en el discurso dándola por definitiva	"N: ahora lo sé porque por el sol y por la lluvia pues la planta va creciendo"
7. Demanda cambio de tema/actividad	Solicita abordar otro tema o actividad	"N. ¿vamos a ver cómo está el huerto?"
8. Solicita o rechaza participar	Pide la palabra o rechaza participar	[Levantar manos o se mantienen en silencio tras haber sido invitados a hablar]
9. El alumno toma un rol propio del docente	Se han agrupado los casos en que el alumnado adopta un rol docente (demanda información de algún otro alumno, por ejemplo).	"N: (a otro niño) pero ¿tú crees que un bicho es capaz de comer una planta así?"

Fuente: elaboración propia.

Con objeto de comparar cómo intervienen los docentes y cómo participa el alumnado por grupo-clase y asamblea, se utilizó la prueba Z de diferencia de proporciones. Para ello, se estableció como valor crítico  $Z=1,96$  para la prueba de una sola cola y un nivel de confianza del 95%.

## 5. Resultados

### 5.1 ¿Cómo gestionan los docentes el discurso científico en distintas sesiones de asamblea un aula de 4 años y otra de 5?

Al comparar las intervenciones docentes para cada una de las asambleas y aula, los resultados muestran diferencias estadísticamente significativas para algunas de las categorías establecidas (Tabla 4).

Tabla 4. Análisis comparativo del porcentaje de intervenciones de los docentes de las aulas de 4 y 5 años por asambleas (N=nº de intervenciones totales).

Asamblea 1			
Categorías emergentes de análisis del discurso	4 años N=163	5 años N=201	Z
1. Petición	31,3	23,9	1,58
2. Acepta por repetición	22,1	21,9	0,04
3. Acepta reelaborando	6,7	15,4 *	-2,58
4. Se opone o rectifica la intervención	2,5	1,0	1,09
5. Apoya continuidad del discurso	29,4	23,9	1,20
6. Aporta información complementaria	3,7	0,0 *	2,74
7. Explicita posiciones de los niños	0	5,5 *	-3,03
8. Confronta posiciones de los niños	0	1,0	-1,28
9. Reta planteamientos niños	0	5,0 *	-2,89
10. Promueve acuerdo	0	0,0	0,00
11. Explicita acuerdo	0	0,0	0,00
12. Anima, felicita, valora	3,1	1,5	1,02
13. Proyecta actividad futura	1,2	1,0	0,21
Asamblea 2			
Categorías emergentes de análisis del discurso	4 años N=247	5 años N=309	Z
1. Petición	32,0	18,1 *	3,79
2. Acepta por repetición	23,5	22,3	0,32
3. Acepta reelaborando	2,4	14,9 *	-5,01
4. Se opone o rectifica la intervención	4,0	5,8	-0,95
5. Apoya continuidad del discurso	27,9	16,2 *	3,36
6. Aporta información complementaria	1,2	1,3	-0,08
7. Explicita posiciones de los niños	3,6	5,5	-1,03
8. Confronta posiciones de los niños	2,8	1,0	1,64
9. Reta planteamientos niños	0,8	11,3 *	-4,94
10. Promueve acuerdo	1,2	0,3	1,24
11. Explicita acuerdo	0	1,0	-1,55
12. Anima, felicita, valora	0	2,3 *	-2,38
13. Proyecta actividad futura	0,4	0	1,12

Asamblea 3			
Categorías emergentes de análisis del discurso	4 años N=209	5 años N=282	Z
1. Petición	35,4	7,4 *	7,75
2. Acepta por repetición	11,0	8,2	1,07
3. Acepta reelaborando	4,3	12,8 *	-3,21
4. Se opone o rectifica la intervención	2,4	4,6	-1,29
5. Apoya continuidad del discurso	15,8	7,8 *	2,77
6. Aporta información complementaria	19,6	16,0	1,05
7. Explicita posiciones de los niños	1,9	9,9 *	-3,56
8. Confronta posiciones de los niños	0	3,2 *	-2,61
9. Reta planteamientos niños	5,3	21,3 *	-4,99
10. Promueve acuerdo	1	0,7	0,30
11. Explicita acuerdo	1,4	0,4	1,32
12. Anima, felicita, valora	0,5	1,4	-1,03
13. Proyecta actividad futura	1,4	6,4 *	-2,68

\* Diferencias estadísticamente significativas; Prueba Z de proporciones:  $Z=1,96$ ;  $\alpha: 0,05$ .  
Fuente: elaboración propia.

En ambas aulas se observa un avance en el discurso que viene condicionado por las funciones que adquieren las asambleas en la secuencia didáctica propuesta. Así, en la asamblea 1, los valores más altos para ambas aulas están en la petición de información, la aceptación por repetición de las aportaciones infantiles y el apoyo a la continuidad del discurso de los niños, como corresponde al objetivo de explorar los conocimientos previos del grupo. Aquello que diferencia a ambas aulas para esta asamblea es la mayor frecuencia de la reelaboración del discurso por parte del tutor de 5 años, y, si bien los valores son bajos, la mayor frecuencia en la que explicita las posiciones de los niños y reta los planteamientos infantiles.

La asamblea 2 coincide en ambas aulas en una alta frecuencia de aceptación por repetición de las intervenciones de los niños, lo cual no es de extrañar al tratarse de una asamblea dirigida a organizar el conocimiento infantil sobre el huerto. Sin embargo, se observan algunas diferencias interesantes: la tutora de 4 años solicita la participación de los niños y debe apoyar la continuidad de su discurso con mucha más frecuencia que en el caso de 5 años, donde se observa una mayor fluidez en este sentido. Esto parece favorecer una mayor exigencia en la intervención con el grupo de 5 años, pues su tutor aumenta significativamente la reelaboración de la información dada por los niños, la frecuencia con la que reta el conocimiento infantil, y quizá como consecuencia de esa mayor exigencia, aparecen –con valores bajos, no obstante– intervenciones dirigidas a animar, felicitar o valorar las aportaciones de los niños.

Finalmente, la asamblea 3, cuyo objetivo era discutir y analizar los fenómenos observados a través de distintos experimentos en torno a elementos del huerto, es la que muestra mayores diferencias entre los dos grupos: si bien los tutores coinci-

den en aportar información complementaria, lo que indica que aportan más datos y contexto para hacer avanzar los conocimientos infantiles, se dan notables diferencias en la intervención docente. En primer lugar, la maestra de 4 años debe solicitar la intervención de los niños y apoyar la continuidad de su discurso con una frecuencia más elevada que en el caso de 5 años, como ya ocurría en la asamblea 2. En el caso de la petición de intervención, la divergencia aumenta notablemente. También, como ocurría en la asamblea 2, en 5 años es más frecuente la reelaboración de la información por el tutor, y, sobre todo, que rete las aportaciones que hacen los niños. Además, en esta asamblea 3 aparecen otras diferencias entre las dos aulas: el tutor de 5 años explicita o confronta las posiciones infantiles y proyecta nueva actividad sobre la que seguir discutiendo en el futuro. Se observa que la mayor exigencia de discurso para la asamblea 3 resulta más asumible en el aula de 5 años; en el aula de 4 años la tutora, si bien reta las posiciones de los niños en mayor medida que en las asambleas precedentes, debe animar y apoyar la participación para asegurar el avance del discurso. Por tanto, la propuesta didáctica en torno al huerto está siendo efectiva para propiciar un discurso que además de incorporar los conocimientos de los niños, los reta y enriquece con información complementaria que aporta el docente, pero esa mayor exigencia progresiva marca diferencias en la intervención en 4 años –donde se observa una mayor necesidad de sostén por parte de la tutora– y 5 años –donde el tutor se puede permitir ampliar el carácter retador de su discurso–.

Si comparamos las intervenciones de los docentes de ambos cursos en el conjunto de las asambleas (Tabla 5) se observa claramente esta adaptación de los tutores de 4 y 5 años a las necesidades del grupo para lograr el avance de un discurso que aumenta progresivamente de complejidad.

**Tabla 5.** Análisis comparativo del porcentaje global de intervenciones de los docentes en las aulas de 4 y 5 años. (N= nº de intervenciones totales).

Categorías emergentes de análisis del discurso	Docente	Docente	Z
	4 años (%) N=619	5 años (%) N=792	
1. Petición	33,0	15,8*	7,57
2. Acepta por repetición	18,9	17,2	0,84
3. Acepta reelaborando	4,2	14,3*	-6,30
4. Se opone o rectifica la intervención	3,1	4,2	-1,09
5. Apoya continuidad del discurso	24,1	15,2*	4,30
6. Aporta información complementaria	8,1	6,2	1,38
7. Explicita posiciones de los niños	2,1	7,1*	-4,30
8. Confronta posiciones de los niños	1,1	1,8	-0,98
9. Reta planteamientos niños	2,1	13,3*	-7,51
10. Promueve acuerdo	0,8	0,4	1,06
11. Explicita acuerdo	0,5	0,5	-0,05
12. Anima, felicita, valora	1	1,8	-1,26
13. Proyecta actividad futura	1	2,5*	-2,16

\* Diferencias estadísticamente significativa; Prueba Z de proporciones: Z=1,96;  $\alpha$ : 0,05  
Fuente: elaboración propia.

Si bien ambos docentes repiten las aportaciones de los niños para aceptarlas con frecuencia similar, adaptan su discurso a la exigencia de cada asamblea: hay un mayor apoyo por parte de la docente de 4 años, que con más frecuencia pide información y apoya la continuidad del discurso del grupo. En cambio, en 5 años, es más frecuente que el maestro rete los planteamientos infantiles, acepte las intervenciones infantiles por reelaboración, explicita las posiciones de los niños y proyecte nueva actividad futura.

### 5.2 ¿Cómo participa el alumnado en el discurso científico compartido?

En el caso de las intervenciones del alumnado en cada una de las asambleas y aula, los resultados muestran también diferencias estadísticamente significativas para algunas de las categorías establecidas (Tabla 6).

Tabla 6. Porcentajes de intervenciones del alumnado por categorías. (N=nº de intervenciones totales).

Asamblea 1			
Categorías emergentes en el análisis del discurso	4 años (N=110)	5 años (N=156)	Z
1. Da información	8,2	14,7	-1,62
2. Repite información	7,3	5,1	0,72
3. Elabora información	54,5	35,9*	3,02
4. Reestructura información	23,6	30,8	-1,28
5. Hace pregunta	0,9	0,0	1,19
6. Concluye	0,0	3,2	-1,90
7. Demanda cambio de tema/actividad	0,9	0,0	1,19
8. Solicita o rechaza participar	3,6	5,1	-0,58
9. El alumno toma un rol propio del docente	0,9	5,1	-1,87
Asamblea 2			
Categorías emergentes en el análisis del discurso	4 años (N=193)	5 años (N=237)	Z
1. Da información	3,1	8,0*	-2,2
2. Repite información	33,7	5,1*	7,7
3. Elabora información	29,5	47,7*	-3,8
4. Reestructura información	30,1	32,5	-0,5
5. Hace pregunta	1,0	0,0	1,6
6. Concluye	0,0	0,0	0,0
7. Demanda cambio de tema/actividad	0,0	0,0	0,0
8. Solicita o rechaza participar	2,6	4,6	-1,1
9. El alumno toma un rol propio del docente	0,0	2,1*	-2,0

Asamblea 3			
Categorías emergentes en el análisis del discurso	4 años (N=194)	5 años (N=225)	Z
1. Da información	4,1	5,8	-0,77
2. Repite información	14,4	2,2*	4,63
3. Elabora información	33,5	35,6	-0,44
4. Reestructura información	33,0	40,9	-1,67
5. Hace pregunta	2,6	3,1	-0,33
6. Concluye	2,1	1,8	0,21
7. Demanda cambio de tema/actividad	0,0	0,0	0,00
8. Solicita o rechaza participar	9,8	4,9	1,94
9. El alumno toma un rol propio del docente	0,5	5,8*	-2,99

\* Diferencias estadísticamente significativas; Prueba Z de proporciones:  $Z=1,96$ ;  $\alpha: 0,05$   
Fuente: elaboración propia.

Se observa a primera vista que las asambleas son espacios que propician que niños de 4 y 5 años repitan, elaboren y reestructuren información presente en el discurso compartido. En este sentido, se evidencia que la secuencia de asambleas ha contribuido, tanto en 4 como en 5 años, a un progresivo aumento de la reestructuración de información, esto es, al replanteamiento de la información dada, muy ligado al avance del conocimiento. El hecho de que en la asamblea 3, si bien con valores bajos, aparezcan intervenciones dirigidas a hacer preguntas en ambas aulas, refuerza este planteamiento.

En la Asamblea 1 la participación de los dos grupos muestra más similitudes que diferencias; en ambas aulas elaboran, reestructuran, dan información y, en menor medida, repiten la información previamente dada. La diferencia estriba en que en el grupo de 5 años se elabora con menos frecuencia que en 4 años. Resulta interesante que hay poca repetición literal de lo dicho previamente, cuando eso es bastante frecuente a estas edades (Monteira y Jiménez-Aleixandre, 2019).

En la Asamblea 2 la participación de los grupos difiere más. En 4 años las intervenciones que se limitan a repetir superan a las del aula de 5 años, y, aunque en 4 años hay elaboración de información, no llega a los valores de la clase de 5 años. Además, en esta aula los niños dan más cantidad de información respecto a los de 4 años. En ambas aulas, sin embargo, se reestructura la información con una alta frecuencia. Hay otra diferencia significativa y es que, en la clase de 5 años, si bien con un valor muy bajo, hay intervenciones en las que niños adquieren rol docente (demandan información, etc.) lo que indica un alto grado de implicación en el discurso compartido.

La participación del alumnado coincide en las dos aulas en la Asamblea 3 en la alta frecuencia de las intervenciones dirigidas a elaborar y reestructurar información dada. Se diferencian por la mayor frecuencia de repetición de información en 4 años y la mayor frecuencia de casos en que el alumnado asume rol del docente en 5 años.

### 5.3 ¿Qué esquemas de conocimiento afloran en las sesiones de asamblea?

En relación con el plano conceptual, o patrón temático según Lemke (1997), en un estudio anterior mostramos los esquemas que afloran en cada una de las asambleas analizadas en el grupo de 5 años. Como allí se expone (Aragón *et al.*, 2021), en la asamblea inicial se identificaron un total de 7 esquemas vinculados con modelos iniciales similares a los mostrados en el aula de 4 años: el modelo de huerto y el modelo de plantas como seres vivos. En la asamblea 2 y 3, se identificaron un total de 22 y 27 esquemas, respectivamente.

En el caso del aula de 4 años, se han identificado 30 esquemas de conocimiento científico a lo largo de las tres asambleas: 10 en la primera asamblea, 17 en la segunda y 3 en la tercera. Algunos de estos esquemas fueron aportados por la propia docente, como es el caso del esquema: “*las plantas hay que cuidarlas*” en la secuencia 1 de la asamblea 2, o “*en el huerto hay bichitos*”, en la secuencia 1 de la asamblea 3. Por otro lado, los esquemas mentales del alumnado de 4 años giran principalmente en torno a cuatro modelos precursores explicativos: el modelo de las plantas como seres vivos, el modelo del ciclo de vida de las plantas, el modelo de huerto y el modelo de huerto ecológico. Estos se muestran separados por asambleas y secuencias según orden de aparición (Tabla 6).

Tabla 6. Esquemas y modelos iniciales explicativos emergentes identificados en la asamblea 1, 2 y 3 en el aula de 4 años.

Asamblea 1		
Secuencia	Esquemas de conocimiento	Modelos mentales precursores
g1)¿Qué es un huerto?	1) Huerto como lugar donde nace comida 2) las plantas nacen de una semilla. 3) Las plantas salen de una maceta 4) El huerto es un lugar sano donde hay frutas y verduras 5) El huerto como lugar donde se plantan flores 6) Las plantas necesitan agua para crecer	Modelo de huerto Modelo de ciclo de vida de las plantas Modelo de huerto Modelo de las plantas como seres vivos
2)¿Qué hay en un huerto?/¿Qué necesitan las plantas para crecer?	7) Las plantas necesitan tierra 8)Las plantas necesitan jardín/campo para crecer 9) las plantas pueden nacer en un vaso de yogurt	Modelo del ciclo de vida de las plantas
3)¿Qué se planta en un huerto?	10) Las plantas tienen raíces	Modelo las plantas como seres vivos

Asamblea 2		
Secuencia	Esquemas de conocimiento	Modelos mentales precursores
1) ¿Qué hace falta en un huerto?	1) Las plantas necesitan algodón para crecer 2) las plantas hay que cuidarlas 3) las plantas necesitan luz /sol	Modelo de las plantas como seres vivos Modelo de ciclo de vida de las plantas
2) Lista de cosas que hay en un huerto	4) El huerto necesita agua 5) El huerto necesita sol 6) En el huerto hay semillas 7) El huerto necesita tierra 8) En el huerto hay quesos 9) El queso sale de una fábrica 10) El huerto necesita viento 11) En el huerto no hay garbanzos 12) Los garbanzos se plantan en el huerto 13) En el huerto hay chocolate 14) En el huerto hay pescado.	Modelo de huerto
3) Cosas que hacen falta en el huerto/acciones	15) El huerto como lugar donde hay herramientas y se hacen acciones 16) En el huerto hay bichitos 17) El huerto como lugar ecológico	Modelo de huerto Modelo de huerto ecológico
Asamblea 3		
Secuencia	Esquemas de conocimiento	Modelos mentales precursores
1) Factor luz/sol	1) La luz es necesaria para germinar la semilla	Modelo de ciclo de vida de las plantas
2) Factor profundidad	2) Las semillas que están arriba salen antes que las de abajo 3) Las semillas que están más abajo también salen.	Modelo de las plantas como seres vivos

Fuente: elaboración propia.

Desde una mirada adulta puede parecer que algunos de estos esquemas no guardan a priori relación con el huerto; sin embargo, consideramos que poseen un valor significativo para generar movimiento en el discurso científico compartido. Es el caso de esquemas como “*En el huerto hay quesos*”, o “*En el huerto hay chocolate*”. Un ejemplo de ello se evidencia en la siguiente conversación (N: Niño/a, M: Docente).

N: chocolate.

M: chocolate, ¿el chocolate también se siembra?

N: no.

N: sí.

*M: bueno habéis dicho chocolate, yo lo pongo y ahora me decís. A ver, C. ¿qué dices tú del chocolate?*

*N: que no porque un chocolate no es natural.*

*M: ¿Qué un chocolate no es natural? ¿eso qué quiere decir?*

*N: que se derrite con el sol*

*M: ah, que se derretiría con el sol el chocolate ¿no?*

*N: sí.*

Comparando las dos aulas, se observa que en ambas los esquemas explicitados se relacionan con los modelos iniciales del ciclo de vida de una planta y el modelo de plantas como seres vivos, pero con algunas diferencias: el alumnado de 5 años parece haber asimilado mejor estos esquemas, principalmente, con relación al modelo de las plantas como seres vivos. En 4 años se explicitan menos esquemas relacionados con las necesidades de las plantas, y parece haber dificultades para vincular estos esquemas con los experimentos que se mencionan en la asamblea 3, a diferencia del grupo de 5 años, que busca explicaciones en función de los esquemas aportados en las diversas asambleas. No obstante, el alumnado de 4 años ya maneja ideas muy interesantes sobre el huerto, como “lugar donde nace comida”, o la idea de ecológico “como lugar sano donde hay frutas y verduras” o “lugar donde se cuidan las plantas”.

## 6. Discusión y conclusiones

Los resultados aportados evidencian que el huerto ecológico escolar es un contexto de aprendizaje adecuado para promover la competencia científica en edades tempranas (Eugenio-Gonzalbo *et al.*, 2020; Fernández-Arroyo *et al.*, 2013). Las asambleas suponen espacios propicios para generar discurso científico tanto en el aula de 4 años como en 5 años pues propician el recurso al habla exploratoria colectiva (Mercer, 2017). La intervención docente y la participación infantil se adaptan a la progresiva complejidad de las asambleas programadas en la secuencia didáctica, si bien se observan diferencias significativas entre los grupos: en cuanto a la participación, el grupo de 4 años requiere un mayor apoyo docente para promover las intervenciones infantiles, pero los logros en la participación –la alta presencia en las tres asambleas de repetición, elaboración y reestructuración de información, y el progresivo aumento de la reestructuración a lo largo de la secuencia- dan cuenta del éxito en la consecución de un avance en el discurso científico compartido. En el caso del aula de 5 años, se observa un discurso más retador por parte del docente, que responde también a una adaptación a las posibilidades infantiles – los datos muestran que los niños de 5 años recurren en menor medida a la repetición de información para, en cambio, elaborar o reestructurar con más frecuencia-. Con este estudio, por tanto, mostramos planteamientos didácticos que integran la educación científica y la socialización (Cantó *et al.*, 2016) y subrayan la importancia de trabajar la expresión y comunicación de ideas en torno a la ciencia (Sardá y Sanmartí, 2000). También, señalamos la relevancia de familiarizar desde edades tempranas con un discurso que requiere de confrontación y validación de hechos para ser aceptado (Monteira y Jiménez Aleixandre, 2016; 2019), mostrando además su concreción en 4 y 5 años.

Por otro lado, los avances en la construcción del discurso se traducen en el plano conceptual en la explicitación de esquemas mentales diversos en torno a los fenómenos experimentados en el huerto ecológico. Estos esquemas conectan con modelos iniciales precursores de gran valor para avanzar a los modelos más complejos en cursos sucesivos. Este conocimiento emergente está presente desde los 4 años, aunque con menor complejidad que a los 5 años (Aragón *et al.*, 2021). Es relevante también cómo afloran ideas, quizás más alejadas del conocimiento científico escolar deseable, o carentes de sentido desde la perspectiva del docente, pero igualmente valiosas puesto que desde ellas es posible hacer crecer el conocimiento compartido en la etapa, a través de estrategias de intervención docente (apoyar intervenciones, retar planteamientos) que permitan al alumnado no solo aportar información, sino elaborarla y reestructurarla, en consonancia con el desarrollo del contenido conceptual asociado a las experiencias sobre las que se conversa.

Otros estudios han puesto ya de manifiesto el interés de promover la competencia científica desde cursos anteriores (Cantó *et al.*, 2016; García-Carmona *et al.*, 2014), por lo que consideramos necesario continuar indagando en propuestas didácticas que afecten al 2º ciclo completo de EI, y que contribuyan a visibilizar tanto las capacidades infantiles como las estrategias docentes que promueven la competencia científica en edades tempranas, además de visibilizar las posibilidades del huerto ecológico escolar como contexto idóneo para desarrollar aprendizajes propios de la ciencia a través de enfoques diversos e investigativos (Aragón y Morilla, 2021).

## Referencias

- Alcántara, J., Torres-Porras, J., Mora, M., Rubio, S.J., Arrebola, J.C., y Rodríguez, L. (2019). ¿Son los huertos escolares en educación infantil una realidad o una innovación educativa? Estudio de centros escolares de la ciudad de Córdoba (España) y propuestas de cambio desde la Universidad. *Didáctica de las Ciencias Experimentales y Sociales*, 36, 79-96. <https://doi.org/10.7203/DCES.36.12535>.
- Aragón, L. y Morilla, B. (2021). El uso del huerto escolar en los centros de educación infantil de la Campiña Morón-Marchena (Sevilla). Una mirada desde la competencia científica en educación infantil. *Campo Abierto*, 40(2), 187-206.
- Aragón, L. y Sánchez, S. (aceptado). Intervención docente en el discurso científico en el aula de infantil en torno al huerto ecológico escolar. En 11º Congreso Internacional sobre Investigación en la Didáctica de las Ciencias.
- Aragón, L., Sánchez, S. y Enríquez, J.M. (2021). El discurso científico en la etapa de infantil en el contexto del huerto ecológico escolar. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 18(1), 1103. [https://doi.org/10.25267/Rev\\_Eureka\\_ensen\\_divulg\\_cienc.2021.v18.i1.1103](https://doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2021.v18.i1.1103)
- Armienta, D.E., Keck, C., Ferguson, B. y Saldívar, A. (2019). Huertos escolares como espacios para el cultivo de relaciones. *Innovación Educativa*, 161-178, 19(80), Recuperado de <https://bit.ly/38wULBP>
- Baker, M.J., Andriessen, J. y Schwarz, B.B. (2019). Collaborative argumentation-based learning. En Neil Mercer, Rupert Wegerif and Louis Major (Eds.) *The Routledge International Handbook of Research on Dialogic Education*. (76-88). Abingdon: Routledge.

- Canedo-Ibarra, S.P., Castelló-Escandell J., García-Wehrle P., Gómez-Galindo A. y Morales-Blake A.R. (2012). Cambio conceptual y construcción de modelos científicos precursores en educación infantil. *Revista Mexicana de Investigación Educativa*, 17(54), 691-727.
- Cantó, J., de Pro, A. y Solbes, J. (2016). ¿Qué ciencias se enseñan y cómo se hace en las aulas de educación infantil? La visión de los maestros en formación inicial. *Enseñanza de las Ciencias*, 34(3), 25-50.
- Carballido, J.L., Morón-Monge, H. y Daza, M<sup>a</sup>. P. (2021). El huerto escolar desde un enfoque indagativo: investigando las lombrices. *Investigación en la Escuela*, 103, 75-93. <https://doi.org/10.12795/IE.2021.i103.06>
- De la Blanca, S., Hidalgo, J. y Burgos, C. (2013). Escuela infantil y ciencia: la indagación científica para entender la realidad circundante. En X Congreso Internacional sobre Investigación en Didáctica de las Ciencias, 979-983. Recuperado de <https://bit.ly/2Wmgmuh>
- Díez, C. (1998). *La oreja verde de la escuela: trabajo por proyectos y vida cotidiana en la escuela infantil*. Madrid: Eds. de la Torre - Proyecto Didáctico Quirón.
- Fernández-Arroyo, J., Puig, M. y Rodríguez-Marín, F. (2013). El uso del huerto escolar en la formación del profesorado de magisterio a través de la práctica educativa. In M. A., Ballesterios-Moscopios y F., Ries (Eds.), *International Conference Re-conceptualizing the professional identity of the European teacher*. Sharing Experiences (pp.699-716). Copiarlo. <http://hdl.handle.net/11441/56705>
- Eugenio-Gozalbo, M., Aragón, L. & Ortega-Cubero, I. (2020). Gardens as science learning contexts across educational stages: Learning assessment based on students' graphic representations. *Frontiers in Psychology*, 11, 2226. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2020.02226>
- Eugenio, M. y Aragón, L. (2016). Experiencias en torno al huerto ecológico como recurso didáctico y contexto educativo en la formación inicial de maestros/as. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 13(3), 667-679. Recuperado de <https://bit.ly/2XS100H>
- García, J.E. (2003). Investigando el ecosistema. *Investigación en la Escuela*, 51, 83-100.
- García-Carmona, A., Criado, A.M. y Cañal, P. (2014). Alfabetización científica en la etapa 3-6 años: un análisis de la regulación estatal de enseñanzas mínimas. *Enseñanza de las Ciencias*, 32(2), 131-149. <https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.817>
- Garzón, A. y Martínez, A. (2017). Reflexiones sobre la alfabetización científica en la educación infantil. *Espiral. Cuadernos del Profesorado*, 10(20), 28-39. Disponible en <http://espiral.cepcuevasolula.es/>
- Germinando (2018). Germinando espacio agroecológico. Recuperado de <https://bit.ly/3kyN2c1>
- Izquierdo, M. y Sanmartí, N. (1999). Enseñar a leer y escribir textos de Ciencias de la Naturaleza. En J. Jorba, I. Gómez, A. Prat (Eds.), *Hablar y escribir para aprender*. (pp. 181-200) Síntesis, Madrid.
- Latorre, A., Del Rincón, D. y Arnal, J. (2003). *Bases metodológicas de la investigación educativa*. Barcelona: Ediciones Experiencia.
- Lefstein, A. y Snell, J. (2011). Classroom discourse: The promise and complexity of dialogic practice. En S. Ellis y E. McCartney (Eds.), *Applied Linguistics and Primary School Teaching* (165-185). Cambridge: Cambridge University Press.
- Lefstein, A. y Snell, J. (2019). Linguistic ethnographic analysis of classroom dialogue. En Neil Mercer, Rupert Wegerif and Louis Major (Eds.) *The Routledge International Handbook of Research on Dialogic Education*. (63-75). Abingdon: Routledge.
- Lemke, J. (1997). *Aprender a hablar ciencia: lenguaje, aprendizaje y valores*. Barcelona: Paidós.
- Marques, T.J. y Cuéllar, M. (2021). Los huertos escolares y su potencial como innovación educativa. *Enseñanza de las Ciencias*, 39(2), 163-180. <https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.2886>
- Mazas, B., Gil-Quílez, M.J., Martínez-Peña B., Hervás, A. y Muñoz, A. (2018). Los niños de infantil piensan, actúan hablan sobre el comportamiento del aire y del agua. *Enseñanza de las Ciencias*, 36(1), 163-180.

- Mercer, N. (2017). La importancia educativa del habla. En N. Mercer, L. Hargreaves y R. García. *Aprendizaje e Interacciones en el Aula*. (15-35). Barcelona: Hipatia.
- Mercer, N., Wegerif, R. y Major, L. (2019). *The Routledge International Handbook of Research on Dialogic Education*. Abingdon: Routledge.
- Mérida, R. Torres-Porras, J. y Alcántara, J. (2017). *Didáctica de las ciencias experimentales en educación infantil*. España: Editorial Síntesis.
- Mérida, R., González, E. y Olivares, M. (2016). Estrategias y modalidades de argumentación oral en las asambleas de Educación Infantil. Un estudio multicaso. *Revista Complutense de Educación*, 28(2), 445-462. [https://doi.org/10.5209/rev\\_RCED.2017.v28.n2.49439](https://doi.org/10.5209/rev_RCED.2017.v28.n2.49439)
- Monteira, S. F. y Jiménez-Aleixandre, M. P. (2016). The practice of using evidence in kindergarten: The role of purposeful observation. *Journal of Research in Science Teaching*, 53(8), 1232-1258.
- Monteira, S. F. y Jiménez-Aleixandre, M. P. (2019). ¿Cómo llega el agua a las nubes? Construcción de explicaciones sobre cambios de estado en educación infantil. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 16(2), 2101. [https://doi.org/10.25267/Rev\\_eureka\\_ensen\\_divulg\\_cienc.2019.v16i2.2101](https://doi.org/10.25267/Rev_eureka_ensen_divulg_cienc.2019.v16i2.2101).
- Mortimer, E. F. y Scott, P. H. (2003). *Meaning making in secondary science classrooms*. Maidenhead: Open University Press
- Pozuelos, F.J. (2007). *Trabajo por proyectos: descripción, investigación y experiencias*. Morón: Ediciones MCEP: Cooperación Educativa.
- Real Decreto 1630/2006, de 29 de diciembre, por el que se establecen las enseñanzas mínimas del segundo ciclo de Educación infantil. Disponible en <https://bit.ly/3BlqguX>
- Rodríguez-Marín, F., Fernández-Arroyo, J. y García-Díaz, J.E. (2015). El huerto escolar ecológico como herramienta para la educación en y para el decrecimiento. *Investigación en la Escuela*, 86, 35-48.
- Rodríguez-Marín, F., Portillo M. A. y Puig M. (2021). El Huerto Escolar como recurso para iniciar la Alfabetización Ambiental en Educación Infantil. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias* 18 (2), 2501. [https://doi.org/10.25267/Rev\\_Eureka\\_ensen\\_divulg\\_cienc.2021.v18.i2.2501](https://doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2021.v18.i2.2501)
- Sáez, M. J., Lucha, P., Claver, A. M., Arasanz Broto, A. y Iráizoz Esteban, R. (2017). Del dicho al hecho en una propuesta sobre ecosistemas contextualizada en el huerto escolar. *Ápice. Revista de Educación Científica*, 1(2), 47-57. <https://doi.org/10.17979/arec.2017.1.2.3085>
- Sánchez, S. y González, C. (2016). La asamblea de clase en Educación Infantil: un espacio para crecer como grupo. *Revista Iberoamericana de Educación*, 71, 133-150. <https://doi.org/10.35362/rie7108>
- Sánchez, S. (2016). Hablar para comunicarse. En Fons-Esteve, Montserrat; Palou Sangrà, Juli (Coords). *Didáctica de la lengua y la literatura en Educación Infantil*. (pp.165-178). Madrid: Síntesis.
- Sanmartí, N. (2002). *Un reto: mejorar la enseñanza de las ciencias en Las Ciencias en la Escuela*. Barcelona: Graó.
- Sardá, A. y Sanmartí, N. (2000). Enseñar a argumentar científicamente: un repte de les classes de ciències. *Ensenyament de les Ciències*, 18(3), 405-422.
- Stake, R. E. (2005). *Investigación con estudio de casos*. Madrid: Morata
- Warwick, P. y Cook, V. (2019). Classroom dialogue. En En Neil Mercer, Rupert Wegerif and Louis Major (Eds.) *The Routledge International Handbook of Research on Dialogic Education*. (121-124). Abingdon: Routledge.
- Wells, G. (1987). Apprenticeship in literacy. *Interchange*, 18(1-2), 109-123.
- Wells, G. (2001). *Indagación dialógica*. Barcelona: Paidós.
- Yin, R. K. (2009). *Case study research: Design and methods (4th Ed.)*. Thousand Oaks, CA: Sage.

#### Cómo citar en APA:

Aragón, L., Sánchez, S. y García, V. (2021). Sostener el discurso científico en aulas de 4 y 5 años: análisis de las intervenciones de docentes y alumnado y del conocimiento emergente en torno al huerto ecológico escolar. *Revista Iberoamericana de Educación*, 87(1), 135-153. <https://doi.org/10.35362/rie8714606>



## A emergência climática no ensino de Ciências: os saberes necessários para uma proposta de trabalho pedagógico por meio da educomunicação científica

Anderson de Souza Moser<sup>1</sup> 

Daniele Saheb Pedroso<sup>2</sup> 

Adriana Massae Kataoka<sup>3</sup> 

Marília Andrade Torales-Campos<sup>1</sup> 

<sup>1</sup>Universidade Federal do Paraná (UFPR); <sup>2</sup> Pontifícia Universidade Católica do Paraná (PUCPR); <sup>3</sup> Universidade Estadual do Centro-Oeste (UNICENTRO), Brasil.

**Resumo.** Este artigo está inserido no campo da Educação Ambiental, com foco na reflexão dos aspectos metodológicos que envolvem a inclusão da emergência climática no ensino de Ciências. O estudo mergulha na análise de possíveis congruências entre as ideias de Edgar Morin, mais especificamente em seu trabalho “Os sete saberes necessários para a educação do futuro” e a problematização da crise climática no contexto escolar. O estudo busca compreender quais são as questões-chave a serem priorizadas no ensino de ciências para enfrentar a emergência climática. Com base nesta questão, propomos a constituição dos “Saberes necessários para a Educação da Crise Climática”: a cegueira e o conhecimento pertinente da emergência climática; complexidade humana e ambiental; as incertezas sobre a crise climática; e identidade, ética e compreensão da Terra, necessidades urgentes para mitigar a crise climática. Em relação à perspectiva metodológica, apresentamos a “educomunicação científica” como uma proposta capaz de auxiliar os professores no enfrentamento do tema com os estudantes. Buscou-se apresentar um contributo oportuno ao campo da Educação Ambiental e da Educação para a Emergência Climática, em especial, no que tange às potencialidades do pensamento complexo para a abordagem interdisciplinar das mudanças climáticas.

**Palavras-chave:** complexidade; educação ambiental; educomunicação; metodologia; mudanças climáticas.

### *La emergencia climática en la enseñanza de las ciencias: los conocimientos necesarios para una propuesta de trabajo pedagógico por medio de la educomunicación científica*

**Resumen.** Este artículo se incluye en el ámbito de la Educación Ambiental, centrándose en la reflexión de los aspectos metodológicos que implican la inclusión de la emergencia climática en la enseñanza de las ciencias. El estudio se sumerge en el análisis de las posibles congruencias entre las ideas de Edgar Morin, más concretamente en su obra “Los siete saberes necesarios para la educación del futuro” y la problematización de la crisis climática en el contexto escolar, a partir de la siguiente pregunta: ¿Cuáles son los temas clave a priorizar en la enseñanza de las ciencias para hacer frente a la emergencia climática? A partir de este estudio, proponemos “Los conocimientos necesarios para la educación sobre la crisis climática”: la ceguera y el conocimiento pertinente de la emergencia climática; la complejidad humana y ambiental; las incertidumbres sobre la crisis climática; y la identidad, la ética y la comprensión de la Tierra, necesidades urgentes para mitigar la crisis climática. En cuanto a la perspectiva metodológica, presentamos la “educomunicación científica” como una propuesta capaz de ayudar a los profesores a afrontar el problema con los alumnos. Pretendemos presentar una contribución oportuna al campo de la Educación Ambiental y la Educación para la Emergencia Climática, especialmente en lo que respecta al potencial del pensamiento complejo para un enfoque transdisciplinario del cambio climático.

**Palabras clave:** complejidad; educación ambiental; educomunicación; metodología; cambio climático.

### *The climate emergency in science teaching: the necessary knowledge for a pedagogical work proposal through scientific educommunication*

**Abstract.** This article is inserted in the field of Environmental Education, focusing on the reflection of methodological aspects that involve the inclusion of climate emergency in science teaching. The study dives into the analysis of possible congruences between Edgar Morin’s ideas, more specifically in his work “The seven knowledges necessary for the education of the future” and the problematization of the climate crisis in school context, based on the following question: What are the key issues to be prioritized in science teaching to address the climate emergency? Based on this study we propose “The Knowledges needed for Climate Crisis Education”: the blindness and pertinent knowledge of the climate emergency; human and environmental complexity; the uncertainties about the climate crisis; and earth identity, ethics and understanding, urgent needs for mitigating the climate crisis. Regarding the methodological perspective, we present “scientific educommunication” as a proposal capable of

*helping teachers in addressing the issue with students. Thus, we believe that it was possible to present a timely contribution to the field of Environmental Education and Education for Climate Emergency, especially regarding the potential of complex thinking for a transdisciplinary approach to climate change in secondary education.*

*Keywords: complexity; environmental education; educommunication; methodology; climate change.*

## 1. Diálogo Inicial

A humanidade vive um momento em que diferentes problemas socioambientais estão interconectados e possuem consequências extremas que ameaçam a sobrevivência dos seres vivos. Tal realidade, que poderia se caracterizar como uma crise socioambiental (Trevisol, 2003) e civilizatória (Meira-Carrea, 2009), demanda respostas sociais urgentes. Dentre as questões mais contemporâneas, podemos citar a perda da biodiversidade, a crise climática e a pandemia causada pelo vírus SARS-Cov-2, como elementos emblemáticos que evidenciam desequilíbrios sistêmicos de dimensões globais. Diante de uma realidade complexa ou, no conceito de Morin (2011), de uma policrise que perpassa pelas múltiplas áreas do conhecimento (economia, política, cultura, meio ambiente), tornam-se urgentes discussões inter e transdisciplinares sobre os problemas, sobretudo no Brasil, onde avançam exponencialmente o negacionismo científico, a desestruturação das políticas ambientais e a degradação dos biomas, que, por conseguinte, implicam na ampliação das injustiças socioambientais.

Nesse contexto de “policrise”, coexistem inúmeras temáticas com potencial para serem problematizadas sob a óptica da Educação Ambiental (EA adiante) no contexto escolar. No entanto, elegemos para discussão neste artigo a crise climática, pois compreende-se que essa pauta apresenta uma natureza emergente, despondo como um desafio fundamental para o contemporâneo, além de ser um tema de pesquisa de interesse crescente entre pesquisadores do campo da EA (Jacobi *et al.*, 2011; Lima e Layrargues, 2014; González-Gaudiano e Meira-Carrea, 2020; Liotti e Torales-Campos, 2021). Nessa tessitura, Guimarães e Meira-Carrea (2020) sublinham que a crise climática é um fenômeno sem precedentes na história, sendo um reflexo de uma crise socioambiental, paradigmática e civilizatória que vem rompendo as possibilidades de condições sustentáveis de vida.

O termo “crise climática” soa como um conceito atual e adequado para se referir aos impactos da mudança climática. Procuramos, desta forma, distanciamento de conceitos disjuntivos que atribuam apenas um entendimento de variabilidade natural do clima, quer dizer, que compreendam que a mudança climática ocorre devido a fatores naturais do sistema climático, prevalecendo um entendimento simplificador sobre o tema. Conforme explicam Artaxo e Coutinho (2015), os problemas ambientais e mais, especificamente, as oscilações climáticas, sempre ocorreram na história geológica do planeta. Todavia, a diferença está na intensidade, escala e amplitude desses processos, que aumentaram significativamente desde a revolução industrial por meio da emissão de gases de efeito estufa na atmosfera. Assim, enfatizamos que a crise climática, emergência climática ou colapso climático se referem a uma produção do capitaloceno, portanto tais denominações acompanham a historicidade de significação que envolve o tema.

Compreendendo-se que a questão supracitada é emergente e que agrega um leque de desafios para o campo educativo e ambiental, considera-se que uma análise pautada na epistemologia da complexidade oferece melhores condições para a compreensão do fenômeno. Assim, este artigo visa refletir sobre “Os Saberes Necessários à Educação para Crise Climática”, a partir da obra “Os Sete Saberes Necessários para a Educação do Futuro” (Morin, 2000), que traz implicitamente os princípios da complexidade para a educação, com vistas a apresentar aportes fulcrais para problematizar a emergência climática no contexto escolar por meio da Educomunicação Científica. Neste manuscrito, a pretensão não é apresentar um modelo pronto e acabado de como deve acontecer a aproximação entre a teoria da complexidade e a abordagem da crise climática. A preocupação está em refletir sobre algumas potencialidades dessa interface.

## 2. De onde partimos?

Por considerar que abordagens reducionistas sobre a mudança climática não são suficientes para compreender a complexidade que envolve o fenômeno, defendemos, assim como Carvalho (2020), a necessidade de uma revisão crítica sobre o itinerário da EA, sobretudo, em relação à oposição historicamente construída entre “EA conservadora” e “EA crítica”, como se as ações ligadas às pautas de preservação da natureza e práticas de cunho afetivo ou emocional fossem totalmente desprovidas de preocupações políticas e alheias às emergências socioambientais. Além disso, ao polarizar entre perspectiva conservadora e crítica, podemos incorrer em reducionismos que não dão conta da complexidade dos fenômenos.

O objetivo não é adjetivar a EA, tampouco é de fragmentá-la na condição de prática ecológica ou social, ao que se refere à problematização da crise climática no contexto escolar. Considera-se a ideia de que o pensamento complexo possibilita visualizar as características proeminentes de cada macrotendência<sup>1</sup> de EA, seja ela conservacionista, pragmática ou crítica, e integrá-las em uma nova dimensão de práxis educativa (Antônio, Kataoka e Neumann, 2019). Ademais, conforme apontam Saheb e Rodrigues (2017), a teoria da complexidade apresenta importantes aportes para as pesquisas em EA, com discussões que contribuem para reflexões epistemológicas do campo, mas que também condizem com os pressupostos de uma EA crítica e transformadora. Assim, tanto a teoria crítica quanto o pensamento complexo se entrelaçam e apresentam ideias convergentes para superar a crise paradigmática.

Este estudo foca em uma produção que Edgar Morin escreveu a pedido da Organização das Nações Unidas para a Educação, Ciência e Cultura (UNESCO), com o objetivo de apresentar os saberes essenciais para a educação contemporânea, sendo eles: as cegueiras do conhecimento – o erro e a ilusão; o conhecimento pertinente; ensinar a condição humana; ensinar a identidade terrena; enfrentar as incertezas; ensinar a compreensão e a ética do gênero humano. Conforme destaca Saheb (2015, p. 59):

Acredita-se que os Sete Saberes possam trazer elementos que contribuam para a efetivação da compreensão da importância da EA na prática pedagógica dos educadores, não para ser entendido como um modelo, mas, sim, como um

---

<sup>1</sup> Ler: Layrargues e Lima (2014).

referencial capaz de mobilizar a reflexão crítica desveladora da complexidade de uma realidade socioambiental e educacional, contemplando a dimensão política da práxis humana que determina as relações de poder constitutivas do metabolismo entre indivíduos, sociedade e natureza.

Nessa perspectiva, embora a EA não seja a única responsável pela construção de caminhos oportunos ante à crise planetária, ela é, sem sombra de dúvidas, um dos mais efetivos meios para que possamos instigar a mudança de pensamento e do modo como os seres humanos se relacionam com o ambiente. Liotti e Torales-Campos (2021, p. 20) salientam que:

Um dos desafios da Educação Ambiental para o século XXI é a inserção da temática das mudanças climáticas no debate cotidiano das comunidades e sociedades. Para ampliar as possibilidades de compreensão dos complexos conceitos construídos pelas Ciências, é preciso incentivar um processo de comunicação científica capaz de ampliar a consciência social sobre o problema e promover a participação e co-responsabilização de todos em relação aos processos de adaptação e mitigação dos impactos das mudanças climáticas, incluindo o desenvolvimento de estratégias de resistência.

Sendo assim, no âmbito da EA e da Educação para a Crise Climática, a epistemologia da complexidade tem potencial para fomentar importantes reflexões que destaquem a multidimensionalidade inerente ao ambiente e aos seres humanos. Nesse sentido, abordar a EA com os estudantes por meio de uma perspectiva dialógica, torna-se oportuno, tendo em vista a necessária renovação do pensamento e da formação de cidadãos comprometidos com a pauta ambiental e climática (Schultz e Torales-Campos, 2018).

Estudos de autores como Saheb (2015), Saheb e Rodrigues (2017), Schultz e Torales-Campos (2018), Antonio, Kataoka e Neumann (2019) e outros, discorrem sobre a possibilidade de diálogo entre esses dois campos do conhecimento. Porém, no que tange a relação específica entre a tríade EA-Complexidade-Crise Climática, percebe-se que ainda é reduzida a presença de estudos na literatura. Nesse caso, cabe citar as pesquisas desenvolvidas por Petraglia *et al.* (2016a) e Petraglia *et al.* (2016b), tendo como pano de fundo as contribuições de ações inter e transdisciplinares para a abordagem das mudanças climáticas com estudantes do ensino médio. Nesses estudos, alguns caminhos são apontados ao campo pedagógico e escolar.

Portanto, “Os Saberes Necessários à Educação para a Crise Climática”, propostos a seguir, referem-se a uma interpretação da obra de Morin (2000). Busca-se identificar as congruências entre os sete saberes e as questões que emergem da crise climática, com vistas a contribuir nas práticas pedagógicas do ensino de Ciências. Os Saberes e a proposta metodológica apresentadas instigam o enfrentamento de um desafio, nada simples, mas que é essencial para a atualidade, o qual pressupõe, segundo Morin (2000, 2013), uma reforma do conhecimento, e, que, para tanto, exige que a escola favoreça a construção de um pensamento complexo, capaz de “[...] religar os conhecimentos entre si, religar as partes ao todo, o todo às partes, e que possa conceber a relação do global com o local, do local com o global” (Morin, 2013, p. 184).

Consideramos que não existem limites rígidos entre os sete saberes, um permeia o outro de forma integrada na composição do pensamento complexo. Dito isso, agregam-se alguns saberes que consideramos estar mais diretamente articulados para a discussão da crise climática e, também, nos permitimos mudar a ordem dos saberes apresentados por Morin, uma vez entendido que não há uma linearidade entre eles. Organizamos os sete saberes em quatro itens: as cegueiras e o conhecimento pertinente da emergência climática; complexidade humana e ambiental; as incertezas sobre a crise climática; e identidade terrena, ética e compreensão, necessidades urgentes para mitigação da crise climática.

Visando contribuir com metodologias enriquecedoras para a problematização de temas pertinentes em um mundo em modificação, serão apresentados alguns elementos sequenciais para o desenvolvimento de uma metodologia que considere “Os Saberes Necessários à Educação para a Crise Climática”. Ademais, consideramos oportuno para esta proposta aproximar o campo da Educação e Comunicação em uma estratégia de ensino que coadune com a abordagem dos saberes propostos. Para tanto, concordamos com Orozco-Gomez (2002, p. 58) que:

Atualmente já não é possível prescindir das novas tecnologias. Fazê-lo significaria um retrocesso histórico de proporções incalculáveis. Mas também não se trata de acolher a tecnologia tal e como ela nos é oferecida pelo mercado, nem para os fins que os mesmos produtores e comerciantes da tecnologia desejam. Não se trata de incorporar acriticamente a tecnologia no tecido social, educativo e comunicativo. O que estamos requerendo, sobretudo nos países consumidores, não produtores de novas tecnologias como os latino-americanos, é uma série de estratégias que permitam a nossas sociedades aproveitar o potencial da tecnologia para nossos próprios fins e de acordo com as nossas peculiaridades culturais, científicas e tecnológicas.

Em acordo com o autor supracitado, aliar a tríade Educação-Comunicação-Tecnologias por meio de estratégias contra hegemônicas é uma tarefa nada simples, porém, essencial para o contemporâneo, em concreto, no que se refere as problemáticas que emergem no contexto de emergência climática, o qual afeta em maior medida os grupos culturais marginalizados historicamente.

Sabe-se que os anseios por práticas educativas e comunicativas convergentes aos interesses sociopolíticos de grupos latino-americanos tiveram origem na década de 1960 por meio dos esforços de grupos sociais que resistiam aos interesses e repressões impostas pelo pensamento neoliberal em expansão (Soares, 2011). Todavia, foi a partir da década de 1980 que as experiências vivenciadas no âmbito da Educação e Comunicação popular despontaram no contexto latino-americano, em especial, por meio dos estudos de Paulo Freire, Jesús Martín-Barbero e Mario Káplun. Esses estudiosos contribuíram significativamente para a construção do que no Brasil denomina-se de “Educomunicação”. Os pressupostos persuasivos e emancipatórios da comunicação e a interface desta noção com o campo educativo potencializaram a construção da Educomunicação como um campo de atuação crítica, transformadora e emancipatória (Soares, 2000).

A Educomunicação surgiu no final da década de 1990 por meio dos resultados das pesquisas desenvolvidas no âmbito do Núcleo de Comunicação e Educação da Universidade de São Paulo (NCE/USP), que passaram a “[...] ressemantizar o termo educomunicação para designar o conjunto destas ações que produzem o efeito de articular sujeitos sociais no espaço da interface comunicação/educação” (Soares, 2011, p. 11). Ademais, no ano de 2008, o Ministério do Meio Ambiente brasileiro, concretizou a obra “Educomunicação socioambiental: comunicação popular e educação”, visando favorecer a produção, gestão e divulgação das temáticas ambientais de maneira dinâmica e participativa nos espaços educativos. Nesta obra constam os princípios da educomunicação socioambiental: diálogo permanente e continuado; interatividade e produção participativa de conteúdo; transversalidade; encontro/ diálogo de saberes; proteção e valorização do conhecimento tradicional e popular; democratização da comunicação e com a acessibilidade à informação socioambiental; direito à comunicação, não discriminação; e o respeito à individualidade e diversidade (Costa, 2008).

No que tange o trabalho com os jovens, a Educomunicação passou a ser uma estratégia pertinente para oferecer uma leitura crítica dos meios de comunicação e tecnologias, bem como a possibilidade de produção midiática por meio da gestão da comunicação nos espaços educativos (Soares, 2011). Produção, que conforme Moser e Moreira (2020) pode se manifestar nas escolas por meio da criação de peças educacionais (rádio escola e comunitária, blogs, jornal mural, páginas em redes sociais como Facebook, Instagram, entre outras possibilidades), para a abordagem da temática ambiental, em especial, neste estudo, a crise climática.

Nesse sentido, compreendemos que o professor pode utilizar a Educomunicação científica como uma ferramenta metodológica capaz de contemplar de maneira mais efetiva a crise climática a partir do pensamento complexo na EA. Para tanto, é importante que a estratégia, além de seguir os princípios educacionais que se articulam perfeitamente com a EA, enfatize a relação entre os saberes sobre a emergência climática. Pondera-se que estratégias educativas e comunicativas dessa natureza potencializam a comunicação sobre o fenômeno, e por meio da perspectiva da complexidade se configuram como práticas pedagógicas transformadoras em relação à condição trino do ser humano e ambiente.

Para tanto, o papel do professor é fundamental, sem ele seria inviável a inserção de tais aspectos nas metodologias de EA no contexto escolar. De tal forma, caberá aos educadores assegurarem-se de subsídios sobre o campo da EA, experienciados em sua formação inicial e continuada, conforme orientam documentos orientadores como a Diretriz Curricular Nacional para a Educação Ambiental – DCNEA (Brasil, 2012).

### **3. Proposta de ação: educomunicação ante a emergência climática**

A partir dos saberes e com base nas sugestões metodológicas a seguir, é possível problematizar a crise climática no contexto escolar. O desafio é como fazer a transposição dos saberes para o contexto escolar, e não necessariamente de criar práticas, embora sejam possíveis e desejáveis. O que consideramos primordial para que essa prática interdisciplinar se concretize, seria que os saberes apresentados fossem contemplados na prática educacional ou em outras já existentes.

Portanto, busca-se compreender como os saberes edificados a partir de Morin (2000), podem ser integrados a uma proposta de Educomunicação Científica, para constituir-se em caminho estruturador das ações pedagógicas dos professores. A proposta, ora apresentada, instiga a criação de peças educacionais pelos professores e estudantes, visando a problematização da emergência climática. Desta forma, no primeiro momento será apresentada uma reflexão sobre os aspectos epistemológicos oriundos da interface entre complexidade e emergência climática. No segundo, a sugestão de alguns passos metodológicos adaptados de França *et al.* (2019) para o desenvolvimento da proposta: levantamento do tema gerador; diagnóstico participativo; aprofundamento teórico; levantamento de dados; construção de um banco de informações; escolha do tipo de peça e divulgação.

### 3.1 Saber 1 e 2. Cegueiras e Conhecimento Pertinente da Emergência Climática

Articulamos nesse item os saberes “As cegueiras do conhecimento: o erro e a ilusão” e o “Conhecimento Pertinente”, por entender que as cegueiras do conhecimento em grande medida se devem à fragmentação do conhecimento, e o conhecimento pertinente contribui para combater as cegueiras. Morin (2000) evidencia alguns tipos de cegueiras do conhecimento que podem comprometer a percepção da complexidade do real, levando ao erro e à ilusão, são elas erros mentais, erros intelectuais, erros da razão e cegueiras paradigmáticas.

Em se tratando das mudanças climáticas, destacam-se as cegueiras paradigmáticas, apontadas por González-Gaudiano e Meira-Carrea (2020), pois educar sobre o clima se referem às práticas pedagógicas permeadas por perspectivas da alfabetização climática, ecológica ou científica, frequentemente atribuídas ao domínio das Ciências Naturais. Nesses casos, o enfoque é dado à dimensão científica sobre o sistema climático e, conforme os mesmos autores, essa abordagem apresenta o teor semelhante ao das ações de EA que, majoritariamente, são desenvolvidas nos espaços escolares. Isso é, são práticas que incorporam o meio ambiente como um eixo do currículo escolar preocupado com a aprendizagem dos conteúdos disciplinares consubstanciais para o arcabouço teórico-prático das Ciências Naturais. Dessa forma, há que se dar atenção ao risco de incorrer-se em indesejada fragmentação e compartimentação do conhecimento, o que inviabiliza aos estudantes compreender a complexidade do assunto, causando o que Morin (2000) denomina de “cegueiras do conhecimento” ou “risco do erro e da ilusão”.

Na mesma direção da cegueira paradigmática, é importante considerar o papel dos materiais didáticos na estruturação das práticas pedagógicas escolares. Em especial, os estudos de Liotti e Torales-Campos (2021) e Serantes-Pazos e Meira-Carrea (2016) apontam que o livro didático é um dos recursos mais utilizados pelos educadores para subsidiar suas propostas de trabalho. Os livros didáticos refletem um viés disciplinar e compartimentalizado sobre o tema, compactuando com um paradigma simplificador que não favorece interfaces com os problemas ligados ao modo de vida e ao equilíbrio socioambiental do planeta. Tampouco questionam o papel da ciência e da tecnologia na construção de respostas de mitigação e adaptação ante a crise climática. Percebe-se que as culturas alternativas que instigam a sustentabilidade

do planeta são silenciadas em detrimento de práticas insustentáveis que coadunam com o modelo econômico de produção e consumo hegemônico (Serantes-Pazos e Meira-Carda, 2016; Liotti e Torales-Campos (2021).

Outro aspecto a ser considerado é a manipulação da ideologia neoliberal sobre as informações das mudanças climáticas que se aproveitam das cegueiras impostas pela fragmentação do conhecimento. É sabido que as mídias de massa atuam de modo contundente como veículos de uma cultura hegemônica, atreladas a setores da indústria, transporte e agronegócio, representando a emergência climática por meio de concepções fragmentadas, distorcidas e até mesmo negacionistas, o que direta ou indiretamente turpe a indiferença social e política da população (González-Gaudiano e Meira-Carda, 2020), ocasionando uma cegueira na representação social do fenômeno.

Para Morin (2000), abordagens pautadas no paradigma simplificador são pouco eficientes para problematizar uma questão complexa como a crise climática, pois “[...] pode ao mesmo tempo elucidar e cegar, revelar e ocultar” (p. 27). Ao que tange a uma educação sobre o clima, enquanto clarifica a natureza biofísica da pauta climática, fundamentais para a compreensão da dinâmica do sistema climático, obscurecem-se os fatores socioeconômicos que influenciam e são metamorfoseados pelo impacto da mudança climática no ambiente e na vida das pessoas, sobretudo os grupos sociais marginalizados, como crianças, mulheres e idosos de países mais vulneráveis.

Na contemporaneidade, o paradigma simplificador de conhecimento não atende às exigências inerentes à compreensão dos problemas que emergem no capitaloceno. Pois, segundo Morin (2000), ele não pode responder isoladamente às questões epistemológicas, filosóficas, éticas e ambientais que regem a humanidade. Nessa direção, é necessário reconhecer que ao ser uma produção cultural, o conhecimento científico também é passível de produzir erros e cegueiras que impossibilitam o conhecimento complexo dos problemas contemporâneos, visto que apresentar um conhecimento de maneira simplificada ou, até mesmo, por meio de uma abordagem ingênua, não contribui para a formação da responsabilidade sociopolítica dos estudantes.

Diante da influência, nada neutra, da cultura climática presente em livros didáticos e meios de comunicação de massas, muitas vezes a população constrói representações distorcidas, incompletas, errôneas e negacionistas que se manifestam por meio de diferentes posições e em diferentes grupos sociais. Tais posicionamentos frente ao problema encontram fácil acesso na vida dos sujeitos, já que existe um déficit de informação que chega às pessoas, seja ele advindo da cultura científica, escolar ou da sociedade. No entanto, conforme assinalam Guimarães e Meira-Carda (2020), independentemente do modo em que as diferentes teses negacionistas ou céticas impostas sobre a origem e impactos da crise climática são construídas, elas não resguardam a humanidade das consequências que emergem desse fenômeno, projetados pela comunidade científica a médio e longo prazo.

Sobre o conhecimento pertinente, ou seja, o conhecimento que considera o contexto, o global, o multidimensional e o complexo sobre a questão climática de forma interrelacionada, considera-se que este poderia auxiliar os professores e estudantes a reconhecer os equívocos e contradições que permeiam abordagens fragmentadas sobre a crise climática no contexto escolar. Isso, não para se atingir uma completude sobre os problemas, mas porque representa a possibilidade de avançar no campo da

EA, refletir sobre a escola, os processos de ensino e os diferentes modos de apreensão do saber, instigando o planejamento de estratégias que se baseiam cada vez mais na perspectiva da complexidade (Schultz e Torales-Campos, 2018).

Para integrar e organizar os saberes sobre a emergência climática, é preciso, conforme citado anteriormente, de uma reforma do pensamento, sendo essa uma questão fulcral para o campo educacional, tendo em vista o caráter multidisciplinar, transversal, multidimensional, transnacional e planetário dos problemas globais (Morin, 2000). Desse modo, e para que o conhecimento seja pertinente, cabe à EA clarificar o contexto, o global, o multidimensional e o complexo sobre a crise climática, contribuindo com a construção de uma inteligência geral dos indivíduos.

Instigar um conhecimento pertinente sobre a emergência climática não trata de desconsiderar a necessidade de uma alfabetização científica, climática ou energética. Ao contrário, pois é preciso potencializar tais conhecimentos específicos da área das Ciências Naturais na interface com os saberes das Ciências Humanas e Sociais, proporcionando, por meio do pensamento complexo, subsídios mais próximos de uma Educação para a Crise Climática. Neste sentido, conforme expõe Morin (2000, p. 46), “não se trata de abandonar o conhecimento das partes pelo conhecimento das totalidades, nem da análise pela síntese; é preciso conjugá-las”

Para que seja possível identificar as cegueiras do conhecimento dos estudantes e, posteriormente, problematizar um conhecimento pertinente sobre a crise climática, o primeiro, segundo e terceiro passo educacional que se propõe se refere ao levantamento do tema gerador, o diagnóstico socioambiental participativo e o aprofundamento teórico do tema.

### 3.1.1 Passo 1: Levantamento do tema gerador

Essa primeira etapa pode ser realizada de diferentes maneiras, partindo do interesse dos estudantes ou como sugestão do professor. Nesta proposta, ao considerarmos como tema gerador a “emergência climática”, sugere-se que esse primeiro passo seja preestabelecido pelo professor, realizando o levantamento de palavras-chaves que estejam em consonância com o tema e com a realidade de vida dos estudantes.

Para o levantamento de palavras chaves que emergem a partir do tema gerador “Emergência Climática”, o professor precisa fortalecer o caráter democrático e participativo da educação, potencializando a inserção de um pensamento complexo dos estudantes sobre a temática em foco. Esse processo pode ser realizado por diferentes formas, dada a escolha metodológica do professor.

Padlet: O professor pode se apoiar em recursos como o *Padlet* (<https://pt-br.padlet.com/dashboard>) para realizar o levantamento das problematizações iniciais. Pode ser criado um espaço virtual de interação e aprendizagem entre o professor e os estudantes, para socializar seus conhecimentos sobre a emergência climática.

Evocação Livre de Palavras (ELP): A técnica, de ELP (Sá, 1996), pode ser utilizada para conhecer as representações dos estudantes sobre determinado tema gerador. Como exemplo, poderia-se solicitar aos estudantes que escrevam as cinco palavras que lhes vem à mente quando ouvem o tema “mudança climática ou aque-

cimento global". Após a escolha das palavras, solicitar que seja atribuída uma numeração a elas de 1 a 5, conforme o grau de importância que o estudante considerar para cada uma.

Conferência: os estudantes podem ser organizados em equipes. Com o auxílio de materiais como cartolinas, lápis, caneta, canetões podem escrever suas propostas em relação ao tema gerador. Posteriormente, a turma pode ser reunida, e cada grupo poderá apresentar suas propostas.

Tais possibilidades de levantamento de elementos problematizadores do tema gerador "emergência climática" possibilitam ao educador conhecer como a turma representa o problema e, por conseguinte, planejar de modo mais assertivo o diagnóstico participativo.

### *3.1.2 Passo 2: Diagnóstico participativo*

Para que as peças educativas sejam criadas na escola, é preciso considerar as particularidades dos estudantes, da comunidade escolar e do entorno. Nesse momento, seria pertinente que o professor considerasse uma percepção socioambiental complexa, essencial para a construção de uma nova Era Planetária.

O diagnóstico pode ser realizado, utilizando um painel de tarjetas. Nesse caso, o professor poderá recortar uma tarjeta para potencialidades e outra para problemas, e distribuir entre grupos de estudantes para que preencham de acordo com o tema da emergência climática. É interessante que antes de ser montado o painel com as construções dos alunos, seja oportunizado um momento para que eles exponham e justifiquem o diagnóstico realizado. Posteriormente, o professor, em conjunto com os estudantes, pode montar um painel com os diagnósticos para decidir coletivamente qual o melhor caminho para avaliar as potencialidades e problemas relativos à crise climática na etapa seguinte.

Durante esse passo, o professor pode evidenciar possíveis cegueiras no conhecimento dos estudantes sobre o tema, ampliando percepções fragmentadas para outras mais complexas. Dessa forma, seria oportuno desenvolver um trabalho que considere a ética humana capaz de elucidar a compreensão de que tanto o ser humano quanto o ambiente estão interligados e são interdependentes. Portanto, considera-se importante destacar que um diagnóstico reducionista sobre o fenômeno não contribui de modo relevante para a compreensão do problema. Contudo, um diagnóstico participativo oferece melhores subsídios para o planejamento do aprofundamento teórico sobre o tema.

### *3.1.3 Passo 3: Aprofundamento teórico*

A partir dos elementos identificados nas duas primeiras etapas, sugere-se que o professor planeje o aprofundamento teórico do tema. Nesse momento, busca-se considerar um conhecimento pertinente sobre a crise climática, interligando o contexto, o global, o multidimensional e o complexo em detrimento de uma hiperespecialização dos saberes.

Este aprofundamento pode ocorrer por meio de palestras, vídeos, documentários, confrontações com os saberes do livro didático, análise crítica de notícias, leituras de artigos científicos, entre outras possibilidades. O professor pode trabalhar

a representação científica, social e política da crise climática. Podem ser realizadas parcerias entre os professores de diferentes disciplinas, para melhor compreensão da emergência climática em suas múltiplas interfaces.

### 3.2 Saber 3. A Condição Humana e Ambiental

Morin (2000, p.47) defende que “conhecer o humano é, antes de tudo, situá-lo no universo, e não separá-lo dele”. A partir dessa ideia, pode-se agregar a esse saber da condição humana o ambiente ou a condição do ambiente. Na verdade, é a grande preocupação da Educação Ambiental, o encontro do ser humano e do ambiente, e o que também emerge da discussão da crise climática.

Para Morin, tanto o ser humano como o ambiente são trinos. Nesse sentido, devem ser entendidos em suas dimensões físicas, biológicas e sociais. Nessa perspectiva considera-se a contraposição à tendência de minimizar o impacto individual e social da crise climática. Como exemplo, despontam com maior frequência nos meios de comunicação os noticiários de impactos socioambientais, quando esses estão relacionados às vítimas e aos territórios pertencentes a países desenvolvidos. Em contrapartida, quando os desastres ambientais se encontram interligados à população mais pobre e marginalizada do planeta, a centralidade da questão não é contemplada nos meios de comunicação, a menos que representem consequências inter-regionais e intercontinentais (González-Gaudiano, Meira-Carrea e Gutiérrez-Pérez, 2020).

Acrescenta-se que mesmo havendo um consenso sobre a origem antrópica do problema, uma parcela significativa da sociedade mundial segue compreendendo-o como uma catástrofe natural, oriunda de processos meteorológicos adversos, sendo em menor razão os casos que compactuam com a causalidade antropogênica da crise climática. Todavia, o silenciamento da dimensão sociocientífica da emergência climática não ocorre apenas nos debates midiáticos e políticos que tangem a abordagem imparcial do assunto. Ocorre, também, no âmbito de disciplinas acadêmicas, nas universidades e demais organizações, as quais direcionam seus olhares na contramão do problema ao invés de problematizar suas tradições culturais (González-Gaudiano *et al.*, 2020). Afinal, sabe-se que os currículos não são pensados para atender à complexidade humana e climática, pois de acordo com Morin (2020), não é feito um questionamento sobre “o que é ser humano?”, nem ao menos sobre a multidimensionalidade do ambiente. Dessa forma, a complexidade humana e a crise climática são totalmente desintegradas na educação, dada a seleção cultural de saberes que chegam na escola por meio do currículo. Assim, o paradigma conservador fragmenta e compartimenta cada vez mais o conhecimento em disciplinas isoladas que comprometem a possibilidade de perceber os problemas socioambientais, locais e globais (Morin, 2013).

Situar a condição humana no processo educativo pode potencializar a compreensão sobre o ambiente, bem como nossa identidade terrena. Para tanto, é necessário respeito à terra e sua multidimensionalidade e diversidade. Além disso, requer compreender que todos os seres vivos e não vivos estão interconectados, como um tecido “que é tecido junto”. Ensinar a condição humana implica instigar um humanismo civilizatório nutrido de modo intergeracional e pautado na ética planetária como pilar essencial para a manutenção da vida terrestre (Moraes, 2016).

Nesse sentido, é interessante que o professor atue como mediador e considere a autonomia e criatividade dos estudantes para sistematizarem as informações sobre o tema. Para tanto, levantar dados e construir um banco de dados convergentes com informações que problematizem a condição humana e ambiental nesse processo é fundamental.

### *3.2.1 Passo 4: Levantamento de dados e construção de um banco de informações*

Toda peça educacional tem a função de “dar voz” aos sujeitos, cabe acrescentar a importância da “escuta sensível”, para potencializar o diálogo e a compreensão. Os dados podem ser textos, imagens, desenhos, charges, fotos, entrevistas, pesquisas, vídeos, documentários, entre outras possibilidades. Importante destacar que a etapa de aprofundamento teórico pode ser um relevante momento para se começar a construção das informações pertinentes para a peça educacional.

A mensagem a ser divulgada por meio das peças precisa contemplar uma abordagem integrada entre ser humano e ambiente, enfatizando a questão climática. Uma perspectiva hologramática sobre a multidimensionalidade da crise também seria oportuna, enfocando a mutualidade entre as partes e o todo.

Outra possibilidade que pode ser considerada, nesta etapa, é o encontro dos estudantes com as incertezas relativas à pauta climática, conforme exemplificamos a seguir no Saber 3. Nesse momento, as diversas fontes de informações consultadas poderão criar incertezas em relação à temática. É importante a didática adotada pelo professor para auxiliar os estudantes na reflexão de suas dúvidas.

### *3.3 Saber 4. Incertezas sobre a Crise Climática*

Pode-se afirmar que a crise climática veio para acentuar as incertezas na contemporaneidade. Morin faz um resgate da história da humanidade, trazendo inúmeros exemplos de episódios na história, de como ela mudou de rumo de maneira inesperada. O autor destaca que a história é um complexo de ordem, desordem e organização, e que podem levar a duas faces opostas: civilização e barbárie; criação e destruição; gênese e morte.

Observando a crise climática, enquanto um subproduto do progresso linear capitalista, pode-se considerar que coexistem incertezas (científicas e fabricadas) relacionadas a esse tema. Mendonça (2021), ao reconhecer o caráter multidimensional da crise climática, expõe que, na atualidade, resistem três posicionamentos distintos sobre o tema na comunidade científica que implicam no fortalecimento de incertezas na população. O primeiro trata da posição catastrófica atribuída ao fenômeno da mudança climática, sendo esse o posicionamento hegemônico no campo e o qual coadunam os pesquisadores do Painel Intergovernamental para a Mudança de Clima (IPCC). Os estudos catastróficos admitem a natureza antropogênica da crise climática. O segundo se refere à posição cética ou negacionista, representada em menor escala, mas que possui um impacto relativamente importante, pois está atrelado ao setor econômico que se vê afetado por políticas de respostas ao tema. Nesse posicionamento, é enfatizado o processo de variabilidade natural que ocorre no sistema climático, como se esse fosse capaz de ocasionar mudanças climáticas significativas. O terceiro diz respeito

a uma posição crítica da ciência do clima, ainda bastante ínfima, mas que considera questionamentos sobre a dimensão científica do problema. O autor também menciona a posição política relacionada ao clima, em especial o caso brasileiro, que a partir de 2015 tem tido importantes retrocessos nas políticas ambientais e climáticas tanto em relação ao cenário nacional quanto internacional.

É no campo das incertezas inerentes à representação científica da mudança climática que o campo educativo deve, também, ter em conta que as previsões sobre os impactos do fenômeno são passíveis de dúvidas, sobretudo quanto ao grau de impacto e do efeito das ações de resposta a médio e longo prazo. Mas, embora não possamos ter clareza sobre a amplitude que a crise climática irá tomar e dos efeitos a serem causados, não é coerente afirmar que seus impactos não irão se concretizar, tendo em vista que vivemos constantemente com o risco. O que seria importante considerar é a noção que permite olhar para os efeitos da problemática, não somente como variáveis controladas, pautadas em modelos da ciência moderna, mas sim para a dinâmica do processo como um todo (Reis, Silva e Figueiredo, 2015), compreendendo que “o pensamento complexo não recusa de modo algum a clareza, a ordem, o determinismo. No entanto, acha-os insuficientes, sabe que não se pode programar a descoberta, o conhecimento nem a ação” (Morin, 1990, p. 100).

Na dimensão social, também são evidenciadas incertezas quanto à representação da mudança climática da população, representações essas que afetam diretamente as possibilidades de seu enfrentamento. Segundo González-Gaudio e Meira-Carrea (2020, p. 161), a educação e comunicação tem de contribuir, em especial, em relação às seguintes representações de senso comum:

- a) O problema é muito grande e complexo para se fazer algo como indivíduos e ao nível local ou comunitário.
- b) Ciência e tecnologia acabarão encontrando alguma maneira de resolver isso não há necessidade de mudar de curso da humanidade.
- c) A sua solução é da responsabilidade principal dos países ricos e das empresas que geram a maior parte dos gases de efeito estufa.
- d) O problema é de outrem e está distante no tempo e no espaço, portanto não afeta minha qualidade de vida ou de que estão perto de mim.
- e) Não vale a pena abrir mão do conforto estilo de vida atual, considerando que minhas contribuições são insignificantes em comparação com a magnitude do problema.
- f) Os cientistas não concordam com a urgência da ação, porque nem todos os dados estão disponíveis e ainda muitas incertezas persistem.

Com base nessas representações, percebe-se que a pauta climática transcende o debate científico, pois ganha discussões em outras esferas, como a social, a qual fornece aspectos fundamentais para sua problematização com os estudantes, possibilitando que revejam incertezas, conflitos, valores e questionamentos socioeconômicos relacionados à questão ambiental e climática (Reis, Silva e Figueiredo, 2015). De acordo com os mesmos autores:

torna-se necessário colocar todos diante da complexidade do fenômeno para que essas controvérsias, os pontos de desacordo e as discussões sobre a temática sejam devidamente compreendidos pelos educandos. É importante ainda esclarecer que, diante da complexidade do fenômeno, convive-se em uma sociedade de risco, fato que implica diretamente a necessidade de que escolhas sejam feitas. Nessa perspectiva, a responsabilidade da gestão dos riscos não deve estar restrita apenas aos cientistas e aos governantes, mas deve ser compartilhada por toda a sociedade (Reis, Silva e Figueiredo, 2015, p. 552).

Para tanto, é relevante para a EA ensinar estratégias que possibilitem fazer frente aos imprevistos, ao acaso e à incerteza no decorrer do processo de aprendizagem (Morin, 2000). Pois, nas palavras do autor: “É preciso aprender a navegar em um oceano de incertezas em meio a arquipélagos de certeza” (Morin, 2000, p. 16).

### *3.4 Saber 5, 6 e 7. Identidade terrena, ética e compreensão, necessidades urgentes para mitigação da crise climática*

Ensinar a identidade terrena se constitui como o saber de maior relevância em se tratando da emergência climática, devido à sua amplitude e gravidade. Associa-se a esse saber os saberes da “compreensão” e da “ética”, por considerarmos complementares para a reforma do pensamento na Era Planetária, da qual todos os vivos fazem parte de forma interligada e interdependente.

A crise climática evidencia a dificuldade do ser humano no enfrentamento da problemática ambiental que se manifesta no cotidiano, e que demonstram a fragilidade do ser humano em relação à compreensão do impacto das ações individuais e coletivas para a sustentabilidade do planeta. Morin (2000) alerta que um dos perigos dessa Era Planetária é a possibilidade de morte ecológica e, portanto, a crise climática só vem a afirmar essa preocupação. Ao mesmo tempo ele aponta a preocupação ecológica como uma contracorrente de regeneração, que possui condições de mudar o rumo da destruição, nesse sentido, concorda-se com o autor e considera-se que a EA em uma perspectiva da complexidade tem melhores condições para essa mudança de via, rumo à regeneração planetária.

Uma EA, vinculada com essa regeneração de ordem planetária, deve estar, como aponta Morin (2000), comprometida com a vida, ou seja, resistir à morte. É fundamental criar e divulgar estratégias e alternativas metodológicas para civilizar e solidarizar a Terra, construir uma identidade terrena, e isso faz um completo sentido em se tratando da crise climática que ameaça o Planeta como um todo. Essa identidade terrena apenas será possível por meio de muita compreensão entre culturas, etnias e nações, além de solidariedade e consideração recíproca. Nesse caminho, consideramos a seguir os passos 5 e 6 da proposta.

#### *3.4.1 Passo 5: Escolha do tipo de peça*

A escolha do tipo de peça educacional para ser construída a compreensão do eu, do outro e do mundo se torna essencial, pois esta etapa requer ainda mais o estabelecimento de uma participação dialógica e democrática dos estudantes. Nesse momento, os egocentrismos devem ser deixados de lado para dar espaço ao coletivo, ou melhor, ao trabalho tecido junto.

O professor pode preparar uma apresentação de slides com exemplos de peças educacionais que podem ser construídas pelos estudantes (panfletos, mural, cartazes, folders, vídeos, documentário, jornais escolares, perfil em redes sociais, rádio escola, entre outros). O ideal é que os estudantes escolham a peça de modo democrático em que todos tenham as mesmas condições de sugerir, opinar, concordar ou discordar.

Para concretizar essa etapa é necessário que os subsídios teóricos e práticos identificados nas etapas anteriores estejam bem claros para os estudantes, tendo em vista que, além de fornecerem elementos condizentes com a realidade vivida, possibilitam ao grupo uma escolha de modo mais assertivo em relação ao tipo de peça a ser construída.

#### *3.4.2 Passo 6: Divulgação*

Nesta etapa o professor e estudantes devem pensar em conjunto qual a melhor forma de divulgação da peça educacional. Deve-se considerar o público-alvo, objetivo do recurso, visibilidade das informações. Busca-se, desse modo, a socialização de um conhecimento pertinente perante a crise climática capaz de potencializar a transição ecossocial por meio da ética e compreensão mútua entre os estudantes, fundamental para construção de uma nova Era Planetária.

### **4. Considerações finais**

Com base no estudo, pode-se afirmar que “Os Saberes necessários à Educação para a Crise Climática” apresentam elementos que poderiam ser considerados pelos professores antes, durante e após o processo educativo em EA, em especial aqueles que abordam o fenômeno da crise climática, instigando, assim, a necessária reforma do pensamento, apontada por Morin (2000), nas escolas.

O intuito não foi de apresentar uma estrutura engessada sobre como deve ocorrer a abordagem da crise climática no contexto escolar. Buscou-se centralizar a relevância de um pensamento complexo em detrimento de uma abordagem reducionista sobre a temática. A proposta educacional abordada é apenas uma das inúmeras possibilidades que podem ser consideradas pelos educadores para problematizar o tema à luz da epistemologia da complexidade na EA. Todavia, assinalamos que estratégias como esta fornecem importantes elementos para um trabalho dialógico e participativo com os jovens, visando a educação e comunicação da emergência climática. Por isso, a preocupação em refletir sobre as potencialidades da interface entre as ideias de Morin e a EA, a crise climática e a Educação Científica no contexto do ensino de Ciências.

Desse modo, buscou-se apresentar um contributo oportuno ao campo da Educação Ambiental e da Educação para a Emergência Climática, em especial, ao que tange as potencialidades do pensamento complexo para a abordagem transdisciplinar da mudança climática no ensino secundário.

## Referências

- Artaxo, P. e Coutinho, S. M. V. (2015). Complexidade científica das mudanças climáticas e os acordos internacionais. In: Pedro Roberto Jacobi; E. G.; et al. (Org.). *Temas atuais em mudanças climáticas: para os ensinos fundamental e médio* (pp.7-11). Sao Paulo: Editora da USP.
- Antônio, J. M., Kataoka, A. M. e Neumann, P. (2019). Macro-Trends in Brazilian Environmental Education: some reflections based on Morin's theory of complexity. *Pesquisa em Educação Ambiental, Ahead of Print*, 43-56. <https://doi.org/10.18675/2177-580X.2019-14287>
- Brasil. (2012). *Resolução nº 2, de 15 de junho de 2012*. Estabelece as Diretrizes Curriculares Nacionais para a Educação Ambiental. *Resolução n.º 2, de 15 de junho de 2012 – Semesp*. Disponível em <https://bit.ly/3zuvpAg>
- Carvalho, I. C. de M. (2020). A pesquisa em educação ambiental: perspectivas e enfrentamentos. *Pesquisa em Educação Ambiental*, 15(1), 39-50. Disponível em <https://bit.ly/3DmEKfI>
- Costa, F. A. M. (Org.) (2008). *Educomunicação socioambiental: comunicação popular e educação*. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2008. 50p. Disponível em <https://bit.ly/3DtecJlf>.
- França, E., Kataoka, A. M., Suriani-Affonso, A. L. e Crisostimo, A. L. (2019). Educomunicação socioambiental: produção de peças educacionais como metodologia de ensino para a Educação Ambiental. *Práxis*, 11(21), 9-20.
- González-Gaudiano, E. e Meira-Carteia, P.Á. (2020). Educación para el cambio climático: ¿Educar sobre el clima o para el cambio? *Perfiles Educativos*, 42(168), 1-18. <https://doi.org/10.22201/issue.24486167e.2020.168.59464>
- González-Gaudiano, E., Meira-Carteia, P.Á. e Gutiérrez-Pérez, J. (2020). ¿Cómo educar sobre la complejidad de la crisis climática? Hacia un currículum de emergencia. *Revista Mexicana de Investigación Educativa*, (25)87, 843-872. Disponível em <https://bit.ly/3jqka67>
- Guimarães, M. e Meira-Carteia, P.Á. (2020). Há Rota de Fuga para Alguns, ou Somos Todos Vulneráveis? A Radicalidade da Crise e a Educação Ambiental. *Ensino, Saúde e Ambiente – Número Especial*, 21-43. <https://doi.org/10.22409/resa2020.v0i0.a40331>
- Jacobi, P. R., Guerra, A. F. S., Sulaiman, S. N. e Nepomuceno, T. (2011). Mudanças climáticas globais: a resposta da educação. *Revista Brasileira de Educação*, 16(46), 135-269. <https://doi.org/10.1590/S1413-24782011000100008>
- Layrargues, P. P. e Lima, G. F. da C. (2014). As macro-tendências político-pedagógicas da educação ambiental brasileira. *Ambiente & Sociedad* 17(1), 23-40. <https://doi.org/10.1590/S1414-753X20140001000003>
- Lima, G. F. da C. e Layrargues, P. P. (2014). Mudanças climáticas, educação e meio ambiente: para além do Conservadorismo Dinâmico. *Educar em Revista, Edição Especial(3)*, 73-88. <https://doi.org/10.1590/0104-4060.38108>
- Liotti, L. C. e Torales-Campos, M. A. (2021). Livros Didáticos do Ensino Médio e o Conhecimento Escolar Sobre Mudanças Climáticas. *Revbea, São Paulo*, 16(2), 19-36.
- Meira-Carteia, P. Á. (2009). Outra lectura da historia da Educación Ambiental e algún apontamento sobre a crise do presente. *AmbientalMente Sustentable*, 4(8).
- Mendonça, F. de A. (2021). Mudanças Climáticas Globais: Controvérsias, Participação Brasileira e Desafios à Ciência. *Revista Humboldt*, 1(2), 1-28. Disponível em <https://bit.ly/3sXpGGU>
- Moraes, M. C. (2016). Saberes para uma cidadania planetária. UNESCO, Governo do estado do Ceará, UECE e UCB. *Anais... Fortaleza/Ceará*, 24 a 27 de maio de 2016.
- Morin, E. (1990). *Introdução ao Pensamento Complexo*. ESF editora: Paris.
- Morin, E. (2000). *Os Sete Saberes necessários à Educação do Futuro*. São Paulo: Cortez.
- Morin, E. (2011). Para um Pensamento do Sul. In: Encontro Internacional para um pensamento do Sul, 2011, Rio de Janeiro, RJ, *Anais...* Rio de Janeiro: SESC, Departamento Nacional, 20-35.
- Morin, E. (2013). *A via para o futuro da humanidade*. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil.

- Moser, A. de S. e Moreira, A. L. O. R. (2020). Peças educacionais socioambientais: experiência de um processo de formação continuada em educação ambiental. *ACTIO: Docência em Ciências*, 5(2), 1-22. <https://doi.org/10.3895/actio.v5n2.11624>
- Orozco-Gomez, G. (2002). Comunicação, Educação e Novas Tecnologias: Tríade Do Século XXI. *Comunicação & Educação*, 23, 57-70. <https://doi.org/10.11606/issn.2316-9125.v0i23p57-70>
- Petraglia, I. C., Arone, M., Fernandes, C. A. V., Fernandes, M. S. e Pena-Vega, A. (2016a). Saberes pertinentes sobre as mudanças climáticas para uma cidadania planetária. In: Dias, E. T. D. M. (Org.). *E-Book-Compartilhando Saberes Psicológicos, Filosóficos e Educacionais*. (pp. 53-61). Jundiaí: Paco.
- Petraglia, I., Fernandes, M. S., Pena-Veg, A. e Rosini, A. M. (2016b). Mudanças Climáticas Na Visão De Estudantes Do Ensino Médio De Escolas Da Cidade De São Paulo, Brasil. *Revista Científica Hermes*, 16, 223-245. <https://doi.org/10.21710/rch.v16i0.295>
- Reis, D. A. dos., Silva, L. F. e Figueiredo, N. (2015). As Complexidades Inerentes Ao Tema "Mudanças Climáticas": Desafios E Perspectivas Para O Ensino De Física. *Revista Ensaio*, 17(3), 535-554. <https://doi.org/10.1590/1983-21172015170301>
- Sá, C. P. (1996). Representações sociais: o conceito e o estado atual da teoria. In: M. D. Spink (Org.). *O conhecimento no cotidiano: as representações sociais na perspectiva da psicologia social*. (pp. 19-45). São Paulo: Brasiliense.
- Saheb, D. (2015). Os sete saberes necessários à educação do futuro e a Educação Ambiental na formação de professores: uma discussão à luz das Diretrizes Curriculares Nacionais para a Educação Ambiental (2012). *Pesquisa em Educação Ambiental*, 10(1), 57-69.
- Saheb, D. e Rodrigues, D.G. (2017). A contribuição da Complexidade para as pesquisas em Educação Ambiental. *Revista Eletrônica do Mestrado em Educação Ambiental*, v. Especial, 191-207.
- Schutz, J. P. e Torales-Campos, M.A. (2018). Reflexões acerca da complexidade no processo educativo: a Educação Ambiental escolar em questão. *Educação Ambiental em Ação*, v. 64(s/n), 1-15.
- Serantes-Pazos, A. e Meira-Cartera, P. Á. (2016). Libros de texto, curriculum y docencia: cómo se aborda el cambio climático en la Secundaria Obligatoria. In: 1.º Encontro Internacional de Formação na Docência (INCTE). *Anais... Bragança*.
- Soares, I. O. (2000). Educomunicação: um campo de mediações. *Comunicação & Educação*, 19, 12-24. <https://doi.org/10.11606/issn.2316-9125.v0i19p12-24>
- Soares, I. O. (2011). *Educomunicação: o conceito, o profissional, a aplicação*. São Paulo: Paulinas.
- Trivisoli, J. V. (2003). *A educação em uma sociedade de risco: tarefas e desafios na construção da sustentabilidade*. Joaçaba: UNOESC.

**Como citar em APA:**

Moser, A. de S., Saheb, D., Kataoka, A. M. e Torales-Campos, M. A. (2021). A emergência climática no ensino de Ciências: os saberes necessários para uma proposta de trabalho pedagógico por meio da educomunicação científica. *Revista Ibero-americana de Educação*, 87(1), 155-171. <https://doi.org/10.35362/rie8714628>



## Uso de tecnologías avanzadas para la educación científica

Javier Arabit-García<sup>1</sup> 

Pedro Antonio García-Tudela<sup>1</sup> 

Paz Prendes-Espinosa<sup>1</sup> 

<sup>1</sup>Universidad de Murcia (UM), España

**Resumen.** La innovación educativa en el ámbito de la enseñanza científica ha demostrado en los últimos años la importancia de integrar tecnologías digitales. Para integrar estas tecnologías es necesario tener en cuenta el contexto y contar con profesorado formado en competencias digitales docentes. El objetivo de este artículo es analizar experiencias que puedan ser consideradas como buenas prácticas educativas apoyadas en tecnologías avanzadas en el ámbito de la educación científica y en todos los niveles educativos reglados. Se han utilizado criterios de selección que garanticen que son experiencias reales, que integran tecnologías y que presentan datos de evaluación. Como categorías de clasificación, se han considerado el nivel educativo (infantil, primaria, secundaria y universidad) y el tipo de tecnología utilizada (robótica, realidad extendida, plataformas/apps, videojuegos e inteligencia artificial), destacando el análisis del proyecto CREATE-Skills. Se basa en la creación de una plataforma colaborativa para promover la cooperación entre profesorado y familias con el fin de implementar una enseñanza activa de disciplinas científicas en primaria. La principal conclusión es la evidencia de la utilidad y los buenos resultados del uso de tecnologías en el ámbito de la enseñanza STEM y en todas las etapas del sistema educativo.

**Palabras clave:** tecnología avanzada; tecnología educacional; enseñanza de las ciencias; STEM; educación formal.

### Uso de tecnologias avançadas para a educação científica

**Resumo.** A inovação educacional no campo do ensino da ciência tem demonstrado nos últimos anos a importância da integração das tecnologias digitais. Para integrar estas tecnologias, é necessário levar em conta o contexto e ter professores com competências digitais docentes. O objetivo deste artigo é analisar experiências que podem ser consideradas como boas práticas educacionais apoiadas por tecnologias avançadas no campo da educação científica e em todos os níveis da educação formal. Utilizaram-se critérios de seleção para garantir que fossem experiências reais, que integrassem tecnologias e que apresentassem dados de avaliação. Como categorias de classificação, consideraram-se o nível educacional (infantil, primário, secundário e universitário) e o tipo de tecnologia utilizada (robótica, realidade ampliada, plataformas/apps, videogames e inteligência artificial), destacando-se a análise do projeto CREATE-Skills. Baseia-se na criação de uma plataforma colaborativa para promover a cooperação entre professores e famílias com o fim de implementar o ensino ativo de disciplinas científicas na escola primária (ensino fundamental I). A principal conclusão é a evidência da utilidade e dos bons resultados do uso de tecnologias no campo da educação STEM e em todas as etapas do sistema educacional.

**Palavras-chave:** tecnologia avançada; tecnologia educacional; ensino de ciências; STEM; educação formal.

### Use of advanced technologies for science education

**Abstract.** Educational innovation in the field of science education has demonstrated in recent years the importance of integrating digital technologies. To integrate these technologies, it is necessary to take into account the context and to have teachers trained in teaching digital skills. The aim of this article is to analyse experiences that can be considered as good educational practices supported by advanced technologies in the field of science education and at all levels of formal education. Some selection criteria have been used to guarantee that they are real experiences with digital technologies and that they present evaluation data. The educational level (infant, primary, secondary and university) and the type of technology used (robotics, extended reality, platforms/apps, video games and artificial intelligence) have been chosen as classification categories, highlighting the analysis of the CREATE-Skills project. It is based on the creation of a collaborative platform to promote cooperation between teachers and families in order to implement active teaching of scientific disciplines in primary school. The main conclusion is the evidence of the usefulness and good results of the use of technologies in the field of STEM education and at all stages and levels of the educational system.

**Keywords:** high technology; educational technology; science education; STEM; formal education.

## 1. Introducción

Si la educación científica siempre ha sido uno de los ámbitos curriculares en la enseñanza reglada obligatoria, ha adquirido en los últimos años un mayor protagonismo, si cabe, desde que se publicó la recomendación del Parlamento Europeo y del Consejo de 18 de diciembre de 2006, documento en el cual se identificó el ámbito STEM (*Science, Technology, Engineering and Mathematics*) como una de las competencias clave para el aprendizaje permanente y la formación de los ciudadanos del siglo XXI. En este mismo catálogo de competencias clave de la Comisión Europea aparece la competencia digital. Ambas competencias, digital y STEM, son el centro de interés de este trabajo, en el que se comienza aludiendo a la competencia digital como el pilar que permitirá el análisis del uso de tecnologías avanzadas en relación con la educación científica o competencia STEM.

Docentes, estudiantes y medios conforman el triángulo clásico de la interacción didáctica y en estos tres elementos se encuentran algunas de las claves más importantes a la hora de analizar la enseñanza de las disciplinas científicas y también las competencias digitales. A partir del modelo europeo se han ido conformando diversos modelos de análisis de la competencia digital de los docentes, entendiéndose que los profesores no solamente tienen que dominar habilidades técnicas de uso de las tecnologías digitales, sino también han de saber hacer un uso educativo de estas. El modelo internacional más conocido es el denominado DigComEdu (Redecker, 2017), aunque también existen otros como el Marco Común de Competencia Digital Docente (INTEF, 2017). Sin embargo, previamente a la publicación de estos modelos ya se había puesto el foco en la competencia tecnológica como parte fundamental de la competencia profesional de los educadores (Koehler y Mishra, 2009; Prendes y Gutiérrez, 2013).

En relación con los estudiantes está extendida la imagen de que al ser nativos o residentes digitales, dominan el uso de las tecnologías (Prensky, 2001; White y Le Cornu, 2011). Sin embargo, algunas investigaciones ponen de manifiesto que no siempre la competencia técnica responde a las necesidades de los estudiantes de integrar las tecnologías como herramientas de aprendizaje (Ferrero *et al.*, 2021; González *et al.*, 2018; Prendes *et al.*, 2017; Tadeu, 2020). Para profundizar en el aprendizaje incorporando tecnologías existe una amplia gama de investigación sobre Entornos Personales de Aprendizaje (Kupchyk y Litvinchuk, 2021; Prendes y Román, 2017; Serrano-Sánchez *et al.*, 2021) y sobre Ecologías de Aprendizaje (González-Sanmamed *et al.*, 2021; Mariel *et al.*, 2021; Prendes *et al.*, 2021; Valverde-Berrocoso, 2016).

Continuando con el triángulo de la interacción didáctica, el tercer vértice es el constituido por los medios, es decir, los instrumentos básicos para la comunicación que conforman un amplio campo de estudio por el continuo desarrollo de nuevas tecnologías que presentan muy importantes aplicaciones en educación, especialmente las denominadas como tecnologías avanzadas. Concretamente, se definen como los desarrollos tecnológicos más actuales sobre los que se están investigando las aplicaciones prácticas y reales que tienen en el contexto educativo (Prendes y Cerdán, 2021). Véase la tabla 1 con la clasificación que proponen estos autores. No obstante, es importante remarcar que las listas de tecnologías avanzadas no son estables, sino que quedan obsoletas y tienen que actualizarse. Además, Lengua *et al.* (2020) señalan que se caracterizan por su incertidumbre, costes, limitaciones, una vida útil corta y, en general, escasa investigación sobre ellas.

Tabla 1. Clasificación de las tecnologías avanzadas

Categoría	Tecnologías
Nueva realidad	- Realidad mixta/extendida - Realidad aumentada - Realidad virtual - Mundos virtuales
Computación	- Robótica - Pensamiento computacional - Inteligencia artificial
Datos	- Analíticas de aprendizaje - Procesamiento del lenguaje natural - Blockchain (cadenas de datos) - Big data
Conectividad	- Internet de las cosas - 5G - Computación en la nube - Industria conectada - Domótica
Herramientas	- Plataformas - Apps - Robots - Dispositivos de comunicación hombre-máquina - Videojuegos

Fuente: basado en Prendes y Cerdán (2021).

Todas estas herramientas digitales están formando parte del sistema educativo independientemente del nivel (educación infantil, primaria, secundaria o superior). En la figura 1 se exponen los principales ejes de interés y de investigación en relación con la aplicación de las tecnologías digitales a la enseñanza, ámbitos que a su vez constituyen los grandes retos que se presentan para los próximos años, también en el proceso de digitalización de la enseñanza STEM.



Figura 1. Tendencias educativas actuales en torno a las tecnologías avanzadas.

Fuente: Prendes y Cerdán (2021, p. 44).

## 2. Tecnologías avanzadas y su uso en la enseñanza de las STEM: una revisión de propuestas educativas

El uso de tecnologías avanzadas en el ámbito de la educación científica es una realidad que está propiciando diferentes oportunidades en todos los niveles educativos. Evidencia de ello es la selección de buenas prácticas que se recoge en el apartado 2.2 (tabla 3). Nuestro objetivo general ha sido el análisis de estas buenas prácticas de uso de tecnologías avanzadas para la educación científica en el ámbito de la enseñanza reglada.

### 2.1 Método

Se ha diseñado una investigación documental basada en el análisis de contenido y apoyada en procedimiento en dos fases de investigación. En una primera fase se ha llevado a cabo una búsqueda documental. Con un procedimiento de búsquedas booleanas, se ha realizado la indagación en cuatro bases de datos y buscadores especializados de uso más frecuente en la investigación educativa (WoS, Scopus, Dialnet y Google Académico), aplicando los descriptores (en inglés y en español) recogidos en la tabla 2 y el criterio temporal de que sean trabajos publicados entre 2016 y 2021.

**Tabla 2.** Descriptores para realizar la búsqueda de buenas prácticas de enseñanza científica con tecnologías avanzadas

	Descriptores en inglés	Descriptores en español
Niveles educativos	"Early-childhood-education" OR "preschool" "Primary-education" OR "elementary-education" "Secondary-education" OR "high-school" "University" OR "higher-education"	"Educación infantil" O "preescolar" "Educación primaria" "Educación secundaria" "Universidad" O "educación superior"
Tecnologías avanzadas	"Robotics" OR "programming" "Extended-reality" OR "virtual-reality" OR "augmented-reality" "Learning-platform" OR "learning-management-system" OR "app" OR "digital-application" "Video-game" OR "serious-game" OR "digital-gamification" "Artificial-intelligence" OR "smart technology" OR "adaptive-learning"	"Robótica" O "programación" "Realidad extendida" O "realidad virtual" O "realidad aumentada" "Plataforma de enseñanza" O "Sistema de gestión de aprendizaje" O "app" O "aplicación digital" "Videojuego" O "juego serio" O "gamificación digital". "Inteligencia artificial" O "tecnología inteligente" O "aprendizaje adaptativo"
Contenidos	"STEM" OR "STEAM" OR "science" OR "maths" OR "technology" OR "engineering"	"STEM" O "STEAM" O "Ciencias" O "Matemáticas" O "tecnología" O "ingeniería"

Fuente: elaboración propia.

En una segunda fase se ha procedido al filtrado de información a través de la revisión de título, resumen y descriptores. Una vez filtrados los trabajos, se ha llevado a cabo la selección de buenas prácticas dentro de cada categoría (etapa educativa y las diversas tecnologías) teniendo en cuenta los criterios de ser experiencias reales, con aplicación práctica, vinculadas a un proyecto y con datos de evaluación.

## 2.2 Resultados

Atendiendo a los resultados según las búsquedas aplicadas, es posible afirmar que se están trabajando las STEM con las diferentes tecnologías avanzadas en todos los niveles educativos. Sin embargo, se halla una significativa desproporción en cuanto al volumen de publicaciones, puesto que la educación superior supera notablemente a los niveles educativos inferiores en relación con el número de trabajos sobre cada una de las tecnologías. Por ejemplo, mientras que educación primaria tiene asociados 161 trabajos de robótica, la educación superior tiene 13039 (figura 2).

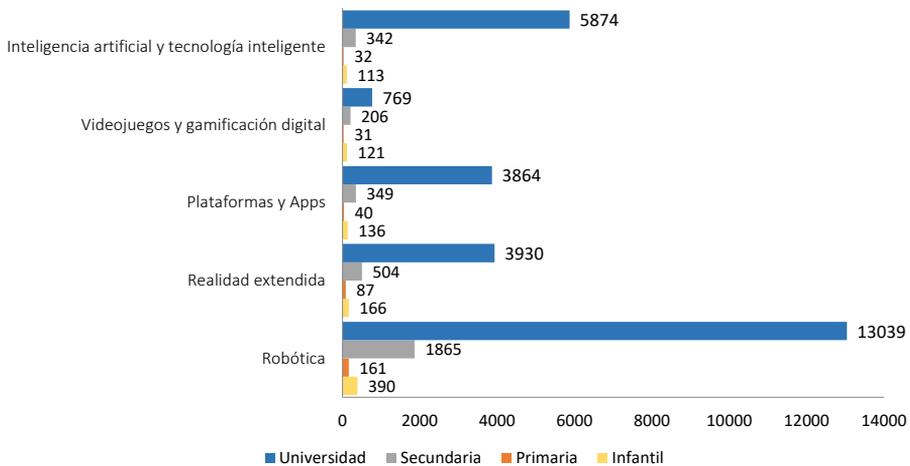


Figura 2. Resultados en bruto de las búsquedas booleanas en Scopus (2016-2021). Fuente: elaboración propia.

Para el filtrado de los trabajos, se ha utilizado una técnica de análisis documental a partir de la información de título, resumen y descriptores. Una vez seleccionados los casos, se ha procedido a su lectura completa para poder extraer algunas conclusiones de interés para los docentes o investigadores interesados en este ámbito de la educación científica con TIC. El listado completo de trabajos seleccionados aparece recogido en la tabla 3. A continuación, se comentarán y analizarán en relación a las categorías de las tecnologías que se aplican.

**Tabla 3.** Selección de buenas prácticas para enseñar STEM con tecnologías avanzadas en diferentes niveles educativos

	E. Infantil	E. Primaria	E. Secundaria	E. Superior
Robótica	Turan y Aydoğdu (2020)	Casado y Checa (2020)	Orquín <i>et al.</i> (2017)	Rattaro <i>et al.</i> (2020)
	Aranda <i>et al.</i> (2019)	Hurtado y Santamaría (2019)	Bampasidis <i>et al.</i> (2021)	Christoforou <i>et al.</i> (2019)
Realidad extendida (RA y RV)	Marín <i>et al.</i> (2016)	Demitriadou <i>et al.</i> (2020)	Roqueta (2018)	Mesa (2019)
	Marín y Muñoz (2018)	Bogusevschi y Muntean (2020)	Ribera y Cuadrado (2016)	Aquilino <i>et al.</i> (2018)
Plataformas y Apps	Mera <i>et al.</i> (2019)	Arabit <i>et al.</i> (2020, 2021)	Kaneko y Maki-no (2020)	Ballesteros-Ballesteros <i>et al.</i> (2020)
	Schacter y Jo (2017)	Rivero y Suárez (2017)	García-Holgado <i>et al.</i> (2020)	Carvajal <i>et al.</i> (2019)
Videojuegos y herramientas digitales de "gamificación"	Sampedro <i>et al.</i> (2017)	García-Tudela, (2018)	Campos y Torres (2017)	Vergne <i>et al.</i> (2020)
		Galindo-Domínguez (2019)	Ye <i>et al.</i> (2018)	(Saorín <i>et al.</i> , 2017)
Inteligencia artificial y tecnologías inteligentes	Alsina y Salgado (2021)	<b>Pareto (2014)</b>	Auccahuasi, <i>et al.</i> (2018)	Binh <i>et al.</i> , (2021)
		Lane (2021)	Cui <i>et al.</i> (2019)	Krechetov y Romanenko (2020)

Fuente: elaboración propia.

### 2.3 Robótica y STEM

Tal y como se ha presentado en la figura 3, la robótica es la tecnología avanzada sobre la que más trabajos científicos se han publicado, incluso en las etapas educativas iniciales. Con relación a educación infantil, cabe destacar que existe un mayor número de publicaciones que en primaria. Asimismo, se han seleccionado dos trabajos que evidencian la diversidad de cómo se está utilizando la robótica en esta etapa educativa.

Por un lado, Turan y Aydoğdu (2020) exponen cómo utilizar la robótica de una manera extendida en el tiempo para favorecer la iniciación hacia el proceso científico por parte del alumnado. En otras palabras, este es un ejemplo de cómo implementar la robótica poniendo el foco de atención en la codificación con el fin de desarrollar habilidades científicas. Se podría afirmar que es incluso uno de los principales objetivos de la robótica, ya que el creciente interés por implementarla en el contexto educativo es debido a las posibilidades de desarrollar el pensamiento computacional del alumnado

y despertar conciencias científicas (Sánchez-Vera, 2021), el cual se define a través de diferentes habilidades muy relacionadas con las trabajadas por Turan y Aydoğdu (2020), es decir, la descomposición, el reconocimiento de patrones, el pensamiento algorítmico, entre otras. En relación con los resultados extraídos, al comparar el grupo control con el experimental, cabe afirmar que los ejercicios de codificación robótica consiguieron favorecer el desarrollo de las habilidades científicas de los estudiantes.

Por otro lado, el trabajo de Aranda *et al.* (2019) es un ejemplo de propuesta didáctica que consiste en utilizar la robótica como un recurso más en el aula con el objetivo de trabajar algún contenido curricular, en este caso concreto de matemáticas (geometría, conteo, resolución de problemas, etc.). De este trabajo se extrae que a través de la robótica se favorece la interdisciplinariedad, ya que, aunque el foco era el trabajo de las matemáticas, simultáneamente también se han abordado contenidos relacionados con la ecología. Además, tras implementar esta experiencia, Aranda *et al.* (2019) concluyen que el uso de *blue-bots* ha propiciado la motivación, la perseverancia y la optimización del aprendizaje. Concretamente, señalan que se han visto beneficiados algunos procesos matemáticos como la resolución de problemas, la toma de decisiones, etc. Asimismo, afirman que la robótica no solo es un recurso para trabajar diferentes contenidos curriculares, sino que también promueve la autorregulación del aprendizaje.

En educación primaria se vuelve a poner el acento en el desarrollo del proceso científico y el caso de Casado y Checa (2020) es un óptimo ejemplo para apreciar la complejidad que se añade respecto al nivel anterior. De manera más específica, estos autores apuestan por trabajar a través de la metodología de Aprendizaje Basado en Problemas (ABP), ya que plantean un reto colaborativo al alumnado (montar y programar un robot) con el fin de competir contra otros equipos. De tal forma que, debido a este proyecto extendido en el tiempo durante una veintena de sesiones, el alumnado de primaria ha trabajado de manera globalizada contenidos relacionados con la ciencia, la ingeniería, la tecnología y las matemáticas. A pesar de que la puesta en práctica no se ha comparado con un grupo control, los resultados del pre-test y post-test arrojan diferencias estadísticamente significativas, las cuales llevan a afirmar que la aplicación de la propuesta ha propiciado un mayor desarrollo de la capacidad creativa y de la resolución de problemas del alumnado.

Los ejemplos que se han expuesto hasta el momento son iniciativas que se han llevado a cabo durante un tiempo prolongado, aunque la robótica educativa también se está utilizando de manera puntual para trabajar algunos contenidos relacionados con las STEM. Este es el caso de Hurtado y Santamaría (2019), el trabajo expone cómo utilizaron un robot *bee-bot* con el que el alumnado aprendía contenidos de Ciencias Naturales. De manera añadida, también se debe destacar que en este trabajo se compara un grupo experimental que utiliza el robot con un grupo control, extrayendo como principal conclusión que existen diferencias significativas a favor de los estudiantes que utilizaron el recurso tecnológico en el sentido de que ha mejorado su aprendizaje y su interés por los contenidos científicos.

Con relación a secundaria, el primer ejemplo se ha escogido para mostrar que no solo se están utilizando robots mediáticos para trabajar las STEM, sino que también existen proyectos como el de Orquín *et al.* (2017) a través del que propone a

su alumnado montar una impresora 3D y programarla para que consiga funcionar. En este caso no solo se trabajan competencias propias de la tecnología y la ingeniería, ya que una vez que se consiguió el objetivo mencionado, los estudiantes diseñaron figuras geométricas complejas para profundizar en conceptos matemáticos. Complementariamente, los autores reconocen que se han visto beneficiadas dos vertientes de los estudiantes: por un lado, la construcción de los conocimientos trabajados con el proyecto, y por otro lado, el autoconcepto, debido a las habilidades transversales que han puesto en práctica, como a la hora de exponer y difundir su trabajo.

Por otro lado, el trabajo de Bampasidis *et al.* (2021) es un ejemplo de proyecto a gran escala, ya que más de 300 equipos de estudiantes diseñan un robot submarino programable y operado a distancia para explorar y experimentar en el fondo marino. A través de esta iniciativa se desarrollan diferentes competencias STEM, aunque destacan las relacionadas con la ingeniería y la ciencia. En relación con los resultados, más del 90% de los profesores que participaron en la iniciativa reconocen que están satisfechos con las competencias que han desarrollado sus estudiantes y aseguran que ha sido un proyecto clave para influir en sus perspectivas profesionales.

A nivel universitario se exponen dos ejemplos muy diferentes a los recogidos hasta el momento. En primer lugar, el trabajo de Christoforou *et al.* (2019) presenta una liga de competición robótica a través de la cual los estudiantes tenían que ir mejorando su programación y el diseño de su robot según fuesen avanzando en la clasificación, propuesta que trabaja contenidos curriculares y, a la par, aspectos motivacionales. Asimismo, en la educación superior también se están desarrollando experiencias como la de Rattaro *et al.* (2020) que consiste en organizar eventos apoyados en la robótica para presentarlos en los centros de educación secundaria y así, despertar el interés de las estudiantes hacia los grados relacionados con las STEM. En cuanto a los resultados, a pesar de la inexistente experiencia de los 70 estudiantes en el montaje y la programación de circuitos, pudieron resolver las tareas con éxito y, además, al conocer el grado de ingeniería eléctrica abrieron sus posibilidades profesionales.

## 2.4 Realidad extendida y STEM

Los dos ejemplos que se han escogido para educación infantil consisten en la utilización puntual de una aplicación de realidad aumentada para reforzar el trabajo en el ámbito científico. En el trabajo de Marín *et al.* (2016) se utiliza la aplicación *Quiver*, y en el caso de Marín y Muñoz (2018) utilizan la aplicación *ChromVille* para recrear y enriquecer contenidos relacionados con las Ciencias. Concretamente, en el primer caso para recrear elementos del medio físico como volcanes, mientras que en el segundo se usa para trabajar las partes y el funcionamiento del cuerpo humano. Los autores de estos trabajos destacan que es una óptima tecnología para el nivel de infantil debido a que favorece la autonomía y la experimentación del entorno evitando peligros y riesgos. Asimismo, también se reconoce que es una óptima forma de explorar la realidad desde una perspectiva diferente a través de la que se incrementa la motivación y se contribuye a un aprendizaje por descubrimiento. Sin embargo, se necesita de la dotación tecnológica necesaria que tal y como señalan, en su caso también fue uno de los hándicaps para desarrollar las actividades de manera adecuada.

Demitriadou *et al.* (2020) utilizan en educación primaria la realidad extendida con el objetivo de paliar una dificultad que el profesorado identificó entre su alumnado, concretamente, la representación de figuras geométricas en dos o tres dimensiones. A través de la realidad aumentada y la realidad virtual se pretendía mejorar el interés de los estudiantes hacia estos contenidos y mejorar su aprendizaje. Finalmente, tras aplicar una propuesta de innovación con estas tecnologías se obtuvo que se había mejorado la interactividad y el interés de los estudiantes.

Esta tecnología avanzada tiene amplias posibilidades para la educación de las STEM, ya que incluso puede facilitar la inmersión del alumnado en un laboratorio sin moverse de clase. Este es el caso de Bogusevschi y Muntean (2020), el cual consistió en utilizar simuladores y realidad virtual en tres dimensiones para que el alumnado se sintiese parte del escenario recreado y así, pudiese realizar diferentes experimentos científicos en un entorno seguro y controlado, lo cual es una ventaja cuando no se tiene experiencia con dichas situaciones manipulando elementos claves de. Sin embargo, del análisis de sus resultados a través de una comparativa del grupo control y experimental se extrae que es una herramienta digital recomendable sobre todo para revisar o repasar un contenido ya trabajado en clase.

En relación con educación secundaria, uno de los ejemplos que se ha escogido es, principalmente, porque se trata de un trabajo que recoge diferentes aplicaciones digitales para diseñar escenas de realidad aumentada. De esta forma, se evidencia que la enseñanza de las STEM a través de la realidad extendida no está limitada únicamente a las aplicaciones ya existentes, sino que incluso se pueden crear escenas totalmente nuevas. Este es el caso de Roqueta (2018), en el que se crean imágenes activadoras por ejemplo con una fotografía de sulfuro de cinc para que cuando sean escaneadas se puedan apreciar sus redes cristalinas iónicas en tres dimensiones.

En este mismo nivel también se ha escogido la experiencia de Ribera y Cuadrado (2016) porque ejemplifican como utilizar simultáneamente recursos analógicos como piezas de LEGO y realidad aumentada para enseñar conceptos matemáticos como las matrices y sus operaciones. En cuanto a los resultados de la experiencia, los autores destacan que se ha creado una guía didáctica sobre la propuesta, útil para otros profesores que quieran replicarla, y por otro lado, en relación a los estudiantes, destacan que estos se han beneficiado del proyecto a la hora de construir aprendizajes significativos relacionados con algunos procesos abstractos y conceptos matemáticos.

A nivel universitario se expone el diseño de la propuesta didáctica de Mesa (2019), principalmente, porque hasta el momento todas las experiencias presentadas dotan al alumnado del rol de consumidor de la información recreada con realidad aumentada o virtual, mientras que en este caso se propone al estudiante como diseñador de escenas virtuales, concretamente relacionadas con la radiación nuclear, trabajando así una dimensión básica de la competencia digital como es la producción de recursos.

Por otro lado, Aquilino *et al.* (2018) recoge otra experiencia de un laboratorio virtual para mejorar la alfabetización científica de estudiantes de secundaria o educación superior, pero destacando que es un recurso educativo abierto disponible para cualquier estudiante que pueda estar interesado.

## 2.5 Plataformas, apps y STEM

En educación infantil se han seleccionado dos ejemplos que consisten en programas educativos implementados durante varias semanas para trabajar contenidos matemáticos a través de diferentes aplicaciones digitales. Concretamente, Mera *et al.* (2019) se basan en plataformas como *Mon el Dragón*, la cual contiene diferentes recursos (vídeos, fichas, retos, etc.) relacionados con las matemáticas, como el conteo en una línea numérica, iniciación al cálculo, comparación de cantidades etc. De manera complementaria, esta plataforma también tiene otras herramientas como una agenda electrónica para el docente, hojas de seguimiento a nivel de centro o de clase, etc. En este caso se hace uso de un grupo control y dos grupos experimentales, deduciéndose que el uso de *apps* digitales puede influir positivamente en el desarrollo de la competencia matemática en estudiantes con o sin riesgo de sufrir dificultades del aprendizaje como discalculia.

De manera muy similar y con el fin de mostrar que son numerosas las posibilidades que existen, Schacter y Jo (2017) optaron por utilizar durante un trimestre la aplicación *Math Shelf*, una plataforma basada en más de mil actividades matemáticas infantiles (aritmética temprana, geometría, dinero, medidas, fracciones, etc.). Además, también permite crear avatares para cada estudiante, hacer un seguimiento de la evaluación, enviar informes sobre el progreso a las familias, etc. Los resultados de este trabajo evidencian estadísticamente que, tras una dedicación constante de más de cinco meses implementando el *software*, los estudiantes aumentaron significativamente su rendimiento matemático.

La experiencia de Rivero y Suárez (2017) se ha seleccionado porque hace alusión a *mati-tec*, una aplicación móvil financiada por diferentes instituciones y que se ha aplicado de manera masiva en diferentes escuelas de primaria hispanoamericanas para desarrollar la competencia matemática de una manera dinámica. Se debe destacar que cada alumno avanza a un ritmo diferente y por diversos temas en virtud de las preguntas de opción múltiple que periódicamente tiene que responder. Con el fin de comprobar la eficacia de esta aplicación, se distribuyeron 311 estudiantes en grupos de control y experimental en Lima y Arequipa. De manera general, cabe destacar que los resultados evidencian una mejora del aprendizaje de las matemáticas en los estudiantes de 4.º de primaria, así como un incremento de su motivación y su autoeficacia.

Las tres experiencias presentadas hasta este punto se basan principalmente en las matemáticas. En el ámbito más vinculado a las ciencias experimentales, Arabit *et al.* (2020, 2021) describen su participación en un proyecto europeo en el cual se diseña una plataforma (CREATE-Skills) para la enseñanza de las STEM de manera globalizada a partir de métodos activos (*learning-by-doing*) y con el objetivo de promover la colaboración escuela-familia. En el apartado 3 del artículo recogeremos los principales resultados del proyecto y de la experiencia implementada en las aulas.

En cuanto a la educación secundaria, el caso de Kaneko y Makino (2020) consiste en una experiencia que utiliza una aplicación concreta basada en un microscopio virtual. A partir de esta, el alumnado tiene la posibilidad de manipular y ajustar

los controladores para alcanzar el objetivo perseguido. Además, si el microscopio se configura de una manera errónea, la misma aplicación activa una alerta para que el estudiante solucione el problema.

También en el nivel de secundaria, la aplicación presentada por García-Holgado *et al.* (2020) es interesante debido a que su finalidad es totalmente diferente a todas las expuestas. Principalmente, porque a través de esta herramienta digital se pretende motivar a las alumnas a matricularse en estudios vinculados a las STEM y paliar así la brecha de género que existe en estas disciplinas. De una manera más específica, esta aplicación contiene entrevistas a profesionales del ámbito científico o de la ingeniería, presentaciones sobre mujeres influyentes en el ámbito STEM a lo largo de la historia, etc.

En educación superior son numerosas las aplicaciones que se están implementando en torno a las STEM y vinculadas a estudios del ámbito propio. Recogemos la de Ballesteros-Ballesteros *et al.* (2020), quienes emplearon la aplicación *GeoGebra* con estudiantes de ingeniería para aproximar al alumnado el concepto de límite. Otro ejemplo es el de Carvajal *et al.* (2019), quienes utilizan varias aplicaciones gratuitas como *phybox*, *sparkvue* con estudiantes del grado de física para estudiar el movimiento uniformemente acelerado. De ambos trabajos se obtienen unas conclusiones positivas en cuanto al uso de estos recursos en la educación superior y sus resultados, ya que mejoran el aprendizaje de conocimientos y subsanan la ausencia de laboratorios o material costoso, entre otras posibilidades.

## 2.6 Videojuegos, herramientas digitales de “gamificación” y STEM

Aunque pueda parecer que a priori la etapa de infantil no es la más adecuada para el uso de videojuegos, el trabajo de Córdoba y Ospina (2019) pone de manifiesto que los especialistas (tanto maestros, como pedagogos) consideran que los juegos digitales y los videojuegos pueden contribuir de forma efectiva a la construcción de aprendizajes significativos. En infantil, el ejemplo de Sampedro *et al.* (2017) consiste en la aplicación puntual de un videojuego didáctico, puesto que ha sido creado por la Universidad de Córdoba con una orientación educativa específica. Este recurso está estrechamente relacionado con una iniciación a conceptos propios de la ciencia. El videojuego ideado incluye cuatro minijuegos relacionados con el reciclaje, la iluminación, el agua y el sonido. En relación con los resultados extraídos del pre-test y post-test, se afirma que el empleo de videojuegos favorece el aprendizaje de conocimientos y actitudes positivas sobre el reciclaje en los niños participantes.

García-Tudela (2018) recoge un ejemplo de cómo “gamificar” digitalmente las matemáticas en primaria en una unidad didáctica completa. Para ello, la experiencia se basa en la creación de un blog, donde cada equipo de estudiantes consulta los diferentes retos publicados por el conocido personaje de videojuegos *El profesor Layton* con el objetivo de conseguir las insignias que están en juego. El alumnado reconoce la satisfacción con la propuesta implementada y el autor de la propuesta confirma la consecución de los objetivos educativos planteados.

Asimismo, el trabajo de Galindo-Domínguez (2019) se ha elegido porque es un recopilatorio de propuestas didácticas para trabajar las STEM con el famoso videojuego *Minecraft*; algunos de los contenidos curriculares que se proponen son

la materia y la energía, la tecnología, los objetos y las máquinas o la geometría. Este videojuego tiene, además, una parte de juego serio (*serious game*), es decir, videojuego educativo. Pero es necesario aclarar que se puede utilizar con finalidad educativa cualquier juego, más allá de la finalidad con la que ha sido creado. En esta línea, existen propuestas como la de Campos y Torres (2017), que muestran cómo han trabajado contenidos matemáticos en secundaria a través de algunos niveles del videojuego comercial *Final Fantasy XIII-2*.

En este mismo nivel educativo de secundaria, Ye *et al.* (2018) manifiestan que los videojuegos no tienen que aplicarse únicamente en el aula, sino que son una opción recomendable para utilizarlos en contextos donde se tenga un enfoque de clase invertida. En este caso, utilizan *Ballance* para trabajar la ley de movimiento de Newton y también *Angry Birds* para estudiar la conservación de energía mecánica. Asimismo, los resultados del trabajo evidencian que los estudiantes que utilizaron los videojuegos antes de clase mejoraron sus resultados generales de aprendizaje.

La experiencia universitaria de Vergne *et al.* (2020) ha sido seleccionada con el fin de mostrar que no solo se tienen que utilizar videojuegos o aplicaciones de “gamificación” ya existentes, sino que incluso se pueden diseñar desde cero a través de diferentes herramientas. En este caso, se opta por hacer uso de las herramientas de *Google* y así diseñar una habitación de escape virtual. Tras la experiencia se concluye que no solo se trabajan los contenidos curriculares, sino que también se favorece el desarrollo de otras habilidades como la reflexión colectiva.

Por último, Saorín *et al.* (2017) ejemplifican cómo combinar los videojuegos en el contexto universitario con otras tecnologías. En este caso, los estudiantes de ingeniería parten del videojuego *Minecraft* con el fin de diseñar objetos para más tarde imprimirlos en tres dimensiones. Como conclusión del trabajo se extrae que los estudiantes reconocen este juego digital como una buena herramienta para los objetivos perseguidos, y también afirman que, a través de la experiencia, han entendido mejor algunos contenidos, como los conceptos tridimensionales del dibujo técnico.

## 2.7 Inteligencia artificial, tecnologías inteligentes y STEM

En enseñanza infantil hay escasas experiencias con este tipo de tecnologías, pues lo más frecuente en esta etapa es el desarrollo de actividades con robots o pizarras interactivas. No obstante, se ha seleccionado el trabajo de Alsina y Salgado (2021) en el cual presentan una actividad de modelización matemática con estudiantes de 4-5 años que demuestra la capacidad de estos alumnos para resolver problemas reales con estas tecnologías y procesos de modelización.

El trabajo de Pareto (2014) nos muestra los resultados de aplicar la inteligencia artificial combinada con estrategias de “gamificación” para trabajar conceptos matemáticos con estudiantes de primaria. Su experiencia durante tres meses con 443 estudiantes de diferentes niveles demostró efectividad tanto en la construcción de aprendizajes significativos, como también interesantes resultados de tipo motivacional, especialmente en alumnado con dificultades en matemáticas. Lane (2021) ejemplifica con numerosas actividades para primaria el uso de la inteligencia artificial y el *machine-learning* apoyándose en Scratch. En primaria destacamos también los

trabajos de Emerling *et al.* (2020) o Underwood (2017), investigaciones que demuestran el potencial en primaria de los dispositivos inteligentes guiados por voz para tareas aplicables a cualquier ámbito disciplinar, también por supuesto las STEM.

En educación secundaria, Auccahuasi, *et al.* (2018) muestra cómo incentivar el desarrollo de competencias matemáticas relacionadas con la programación y la ingeniería a través de una herramienta interactiva basada en la inteligencia artificial. Concretamente, este recurso tiene tanto guías para el estudiante, como problemas de razonamiento matemático. Se concluye que los estudiantes que participaron mejoraron sus habilidades para resolver problemas matemáticos. Por otro lado, Cui *et al.* (2019) presentan una plataforma de aprendizaje adaptativo (*Yixue*) que también se ha utilizado con estudiantes de secundaria para la enseñanza de las matemáticas. Los resultados de este trabajo afirman que dicha tecnología inteligente optimiza el desempeño de los estudiantes en el campo de las matemáticas.

En cuanto a la educación superior, Binh *et al.* (2021) y Krechetov y Romanenko (2020) recogen dos experiencias similares apoyadas en el aprendizaje adaptativo. Por mencionar una de ellas, la primera consiste en una experiencia aplicada en un curso de programación en el que se ha hecho uso de un sistema de tutoría inteligente a través del que también se han sugerido materiales de aprendizaje personalizados. A través de esta experiencia se han conseguido demostrar algunos beneficios como la reducción del tiempo de aprendizaje o la mejora progresiva en la puntuación de la prueba, por lo que cabe afirmar que se optimiza el aprendizaje del alumnado. En González-Calatayud *et al.* (2021) se desarrolla una revisión sistemática de la literatura a través de la que se recogen numerosos ejemplos de sistemas de tutoría y sistemas de evaluación apoyados en la inteligencia artificial.

### 3. El proyecto CREATE-Skills: enseñanza científica, métodos activos y una plataforma colaborativa

El proyecto CREATE-Skills<sup>1</sup>, financiado con fondos de la convocatoria Erasmus+ (referencia 2017-1-PT01-KA201-035981), ha demostrado el interés de las metodologías activas y los recursos digitales compartidos a través de una plataforma colaborativa, todo ello focalizado en el ámbito de las STEM en primaria. Entre 2017 y 2019 han colaborado centros educativos y grupos de investigación de cuatro países europeos (Portugal, Grecia, Lituania y España) para diseñar propuestas innovadoras apoyadas en tecnologías a través de las cuales se trabajan las disciplinas STEM.

Además del diseño de actividades para primaria, con este proyecto también se han llevado a cabo otras tareas como la implementación y la evaluación de las propuestas creadas; la formación a profesionales a partir de recursos digitales y guías; el desarrollo de una plataforma virtual<sup>2</sup> para alojar recursos, buenas prácticas y crear una comunidad virtual en torno a la enseñanza de las STEM y, por último, la elaboración de material complementario para las familias. Finalizado el proyecto, a continuación se presentan algunos de los resultados más significativos en cuanto a los recursos creados, la implementación de las propuestas, así como de la comunidad virtual que continúa activa.

<sup>1</sup> Sitio web del proyecto: <http://createskills.eu/>

<sup>2</sup> Sitio web de la plataforma: <http://www.steminschools.eu/es>

Las principales herramientas que incluye la plataforma colaborativa desarrollada con el proyecto CREATE-Skills son las siguientes:

- Una *biblioteca virtual* en la que los profesores pueden subir y descargar información (recursos, documentos, artículos...).
- Una *sala de reuniones* para la comunicación e intercambio de experiencias y actividades STEM entre docentes de primaria.
- Una *galería "hazlo tú mismo"* cuyo objetivo es promover la colaboración con las familias. La intención es que tanto adultos con sus hijos en casa como profesores realicen experimentos sencillos y, posteriormente, compartan fotografías y una breve explicación de la actividad en la galería de la plataforma.
- Una *guía del profesor* para la implementación de las actividades y materiales diseñadas. Esta guía incluye recomendaciones metodológicas para la enseñanza de las STEM, que se basan en los siguientes principios fundamentales: emplear metodologías activas, promover el pensamiento crítico, fomentar el trabajo en equipo y hacer hincapié en los contextos reales.
- Un *kit de herramientas*<sup>3</sup> que recoge las actividades diseñadas para trabajar gran variedad de contenidos STEM en primaria de forma coherente con las orientaciones metodológicas recomendadas. Para cada actividad se incluye una breve descripción y se especifican los objetivos a alcanzar, el alumnado al que va dirigido (franja de edad o cursos), los pasos a seguir para su realización, la duración, los materiales necesarios, pautas e indicaciones sobre la evaluación, consejos y recursos adicionales). Las actividades propuestas en el catálogo se desarrollan a través del empleo de diversas metodologías, herramientas y recursos: unas destacan por el uso de la "gamificación" educativa; otras emplean recursos propios de la robótica; muchas de ellas se presentan como sencillos experimentos científicos; y hay actividades manipulativas que requieren la construcción de una estructura o producto final.

Algunas de estas actividades se llevaron a la práctica en los centros educativos participantes de los cuatro países socios del proyecto en la posterior fase de implementación de la experiencia de innovación educativa para la enseñanza de STEM mediante metodologías activas y tecnologías. En el caso de España, se desarrolló el proyecto en un colegio público con la participación de 117 alumnos (de entre 7 y 12 años) y 5 docentes del centro. Las actividades científicas trabajadas fueron muy diversas, desde actividades para aprender ciencia mediante el teatro, presentaciones multimedia para conocer mejor a los animales, o aplicaciones de la robótica para promover aprendizajes matemáticos.

A continuación, se exponen los principales resultados acerca de la valoración de la experiencia por parte del alumnado y profesorado participante, a través de diversos ítems en sendos cuestionarios (de alumnos y de docentes) aplicados tras la realización de las actividades entre abril y junio de 2019. Los cuestionarios, diseñados ad hoc, fueron validados mediante juicio de expertos y método Delphi. En este procedimiento participaron los investigadores de las instituciones asociadas del proyecto, para lo que se utilizó un formulario en línea.

---

<sup>3</sup> Sitio web del banco de actividades: <http://createskills.eu/stemtoolkit/?lang=es>

En ambos cuestionarios se valoran aspectos sobre el desarrollo de la actividad en una escala numérica que va de 1 (“Nunca”) a 6 (“Siempre”). Además, en el caso de los alumnos se incluyen diversos ítems sobre las STEM en general, y en el cuestionario de los profesores también hay cuestiones referidas a la organización de los documentos y los recursos en la plataforma.

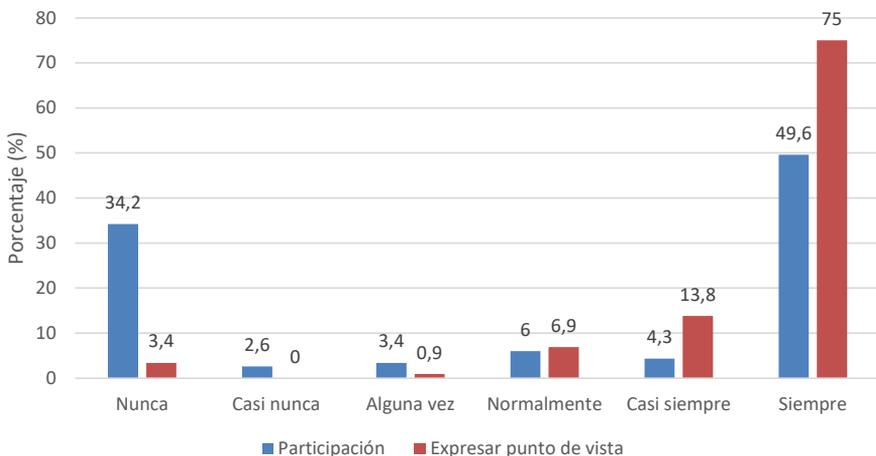
En primer lugar, con respecto a los contenidos tratados, los cinco maestros responden que fueron interesantes y relevantes “siempre” o “casi siempre”. Así mismo, consideran que la actividad promovió el pensamiento crítico, la resolución de problemas y la creatividad.

En sintonía con lo anterior, el 86.3% de los alumnos considera que la información brindada sobre el tema era relevante o muy relevante, el 92.3% asegura que “siempre” o “casi siempre” disfrutó de la actividad y el 91.5% dice que la encontró divertida y creativa.

Por otro lado, los cinco docentes opinan –cuatro de ellos con la máxima puntuación y el restante con una valoración de 5 sobre 6– que la presentación de la actividad fue fácil de entender para los alumnos, que los materiales presentados fueron claros y apropiados, y que los enfoques de aprendizaje fueron apropiados para la edad del alumnado.

En este sentido, casi todos los estudiantes (85.5%) aseguran que prestaron atención durante el desarrollo de la actividad y un 88% considera que “siempre” o “casi siempre” le fue muy bien durante el desarrollo de las actividades.

Los cinco docentes afirman que durante el desarrollo de las actividades promovieron siempre la participación y la implicación del alumnado. Además, también los cinco maestros participantes aseguran que los alumnos siempre se involucraron en la actividad, que estaban motivados y que se mostraron activos.



**Figura 3.** Respuesta de los alumnos a los ítems “Tuve la opción de participar en esta actividad” y “Pude expresar mi punto de vista”

Fuente: elaboración propia.

Sin embargo, con respecto a la participación, como vemos en la figura 4, los propios alumnos responden lo siguiente: un 34.2% dice que nunca tuvo la opción de participar mientras que un 49.6% responde que siempre la tuvo, si bien la gran mayoría afirma que siempre o casi siempre (88.8%) pudo expresar su punto de vista durante la realización de la actividad.

La evaluación general de las actividades es muy positiva, tanto por parte de los docentes como del alumnado. La media de todas las respuestas de los profesores es de 5.83 sobre 6 (DT: 0.60), mientras que casi todos los alumnos (95.8%) se mostraron satisfechos o muy satisfechos (figura 5). Una gran mayoría (95%) quiere aprender más sobre los contenidos trabajados mediante este tipo de actividades.

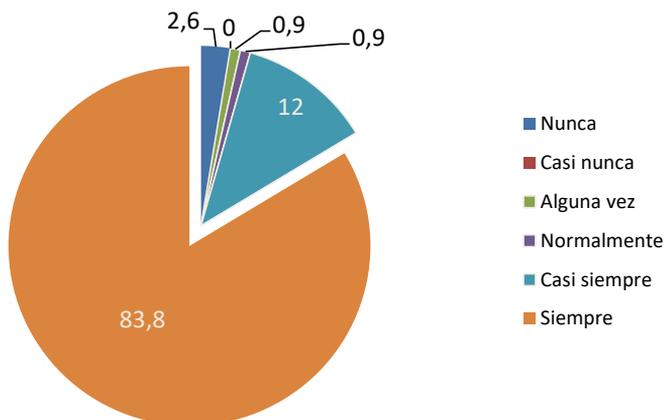


Figura 4. Respuesta de los alumnos a si se sintieron satisfechos con la actividad  
Fuente: elaboración propia.

Para finalizar el cuestionario, los docentes señalaron su satisfacción indicando que son experiencias motivadoras, participativas, dinámicas, que los alumnos se implican y se favorece el trabajo cooperativo. Señalaron que se favorece el aprendizaje significativo y que es sencillo integrar estas actividades en cualquier nivel de la enseñanza primaria y en el marco del currículo de ciencias y matemáticas. Los cinco docentes valoraron con la máxima puntuación la calidad y la variedad de las actividades que de forma colaborativa se habían diseñado y estaban accesibles en la plataforma.

#### 4. Discusión y conclusiones

Experiencias como la que se ha desarrollado en el proyecto CREATE-Skills y todas las que se han presentado en este artículo muestran que las tecnologías avanzadas tienen múltiples posibilidades de aplicación en el ámbito de la enseñanza científica o STEM. Tras la búsqueda en las bases de datos, se ha podido observar que es posible encontrar experiencias educativas en todos los niveles educativos, desde infantil hasta la enseñanza superior, donde se emplean todas las tecnologías que Prendes y Cerdán (2021) recogen en su trabajo y que se ha tomado como base en este trabajo.

No obstante, la revisión realizada nos ha mostrado que no todas las tecnologías parecen suscitar el mismo interés, destacando -con mucha diferencia sobre las demás tecnologías- el uso educativo de la robótica. Este análisis también pone de manifiesto que la etapa donde más experiencias se llevan a cabo -o, al menos, donde más se documentan- es la educación superior, seguida de la secundaria y de la educación infantil. Es llamativo que la etapa donde menos se trabaja con tecnologías avanzadas para enseñar STEM sea la educación primaria, a pesar de que numerosos autores reconocen la necesidad de afrontar el reto de la digitalización en esta etapa básica de la formación reglada (Castillo, 2020; CEPAL/OEI, 2020; Pacheco, 2020).

El análisis detallado de la selección de prácticas educativas mostrado nos lleva a algunas conclusiones relevantes. Por una parte, se observa que la mayoría de experiencias son evaluadas solamente en relación a la adquisición de conocimientos específicos de la disciplina que se trabaja. Es decir, se usa la tecnología como herramienta, pero se evalúan los resultados de aprendizaje de la materia concreta a la cual se aplica. Es el caso de los trabajos de Ballesteros-Ballesteros *et al.* (2020), Bampasidis *et al.* (2021), Campos y Torres (2017), Carvajal *et al.* (2019), Córdoba y Espina (2019), Hurtado y Santamaría (2019), Mera *et al.* (2019), Schacter *et al.* (2017), Roqueta (2018), Turan y Aydoğdu (2020) o Ye *et al.* (2018).

El segundo aspecto que más interés parece suscitar es la motivación hacia la educación científica que se consigue introduciendo las tecnologías, pues diversos autores evalúan la motivación, con resultados siempre positivos: Aranda *et al.* (2019), Demitriadou *et al.* (2020), García-Holgado *et al.* (2020), Marín y Muñoz (2018), Pareto (2019) y Rivero y Suárez (2017).

Tres de los trabajos demuestran el valor de estas experiencias para promover el desarrollo de la capacidad de resolución de problemas (Alsina y Salgado, 2021; Aucahuasi *et al.*, 2018; Casado y Checa, 2020), mientras que Vergne (2020) estudia los procesos reflexivos y el pensamiento crítico, que son capacidades muy relacionadas con las ciencias aplicadas y la educación científica. El trabajo de Casado y Checa (2020) analiza, además, las repercusiones en el pensamiento creativo. Orquín *et al.* (2017) se fijan en el autoconcepto. Marín *et al.* (2016) muestran las mejoras en la autonomía de los estudiantes, en línea con Marín y Muñoz (2018). Por su parte, Mesa (2019) mide específicamente la mejora en competencia digital, una dimensión de la formación que se considera básica para los futuros ciudadanos del siglo XXI (Redecker, 2017).

## 5. Implicaciones y prospectiva

Es necesario formar al profesorado en competencias digitales para una adecuada integración curricular de estas tecnologías, pues no basta con adquirir habilidades técnicas, sino también es necesario el conocimiento especializado para su uso educativo en las aulas (Jiménez-Hernández *et al.*, 2021; Prendes y Gutiérrez, 2013).

Es igualmente relevante la colaboración con las familias, pues el uso de dispositivos electrónicos debe estar sujeto a la mediación y el control de los adultos. El trabajo de Jiménez-Morales *et al.* (2020) pone de manifiesto que cuanto menor es el nivel de estudios y categoría profesional de la madre, mayor es el consumo de tecnologías por parte de los menores en el hogar (televisión, teléfonos, tabletas, ordenadores y videojuegos). También García-Soidán *et al.* (2020) muestran la excesiva exposición

a las pantallas y la necesidad de mayor control en el uso de los dispositivos electrónicos, especialmente en menores de 7 años. Es por ello que, en las aulas, debemos hacer un uso controlado y ajustado a las necesidades de las actividades educativas. Además, en esta misma línea de promover la colaboración familia-escuela, el proyecto CREATE-Skills lo intentó a través del uso de la plataforma digital, pero a pesar de los esfuerzos realizados, fue muy difícil involucrar a las familias y en general su actividad fue escasa.

Además, es importante mencionar las implicaciones éticas del uso de estas tecnologías, especialmente con menores. Por ello, a partir de la reflexión de Pérez (2021) sobre la inteligencia artificial, es preciso extender su discurso y destacar que para aplicar las tecnologías avanzadas en el contexto educativo no es suficiente con poseer la competencia técnica necesaria, sino que también es necesaria una perspectiva pedagógica y ética. De tal forma que sería conveniente desarrollar una visión crítica y objetiva sobre el uso que se esté haciendo de la tecnología. En este sentido, Lengua *et al.* (2020) recogen diversas experiencias en las que las propias tecnologías han sido utilizadas como herramientas para promover el pensamiento crítico hacia ellas, en el ámbito de la enseñanza científica y en cualquier otro del currículo.

En definitiva, las tecnologías avanzadas permiten construir en el aula experiencias educativas interactivas y motivadoras para la enseñanza científica, un ámbito en el que, sin duda, queda mucho por explorar e investigar en los próximos años. En este sentido, creemos que debe profundizarse en las aplicaciones de las tecnologías en la etapa de primaria, que parece algo desconectada del mundo digital. Se debe investigar también con mayor profundidad no solamente los resultados de aprendizaje disciplinar o la motivación, sino abundar en las competencias transversales asociadas a la competencia científica, como pueden ser el pensamiento reflexivo, la resolución de problemas o incluso la propia competencia digital.

Es importante concienciarse de que “a nivel mundial, un promedio del 42% de las habilidades básicas requeridas para realizar un trabajo cambiará entre 2018 y 2022”, y entre ellas están las correspondientes a la competencia STEM. Es por ello necesario afrontar el cambio en la educación. “Hoy más que nunca, el enfoque curricular debe dirigirse a crear entornos de aprendizaje que respondan a las necesidades y retos del siglo XXI” (CEPAL/OEI, 2020, p. 27). En esta misma línea, la UNESCO (2020, p. 6) remarca que “el mundo no volverá a ser el mismo” y muestra su convencimiento de que “la historia se está escribiendo con gran rapidez, y ante nosotros aparecen elecciones y decisiones que definirán los futuros de la educación. [...] La educación deberá ocupar un lugar central en el mundo tras la COVID. Para conseguir ese futuro necesitamos desde ya pensar con audacia y actuar con valentía” (p. 23).

---

## Referencias

- Alsina, A. y Salgado, M. (2021). Introduciendo la Modelización Matemática Temprana en Educación Infantil: un marco para resolver problemas reales. *Modelling in Science Education and Learning*, 14(1), 33-56. <https://doi.org/10.4995/msel.2021.14024>

- Aquilino, M., Herrero, O., Escaso, F., Narváez, I., Novo, M., Ortega, F., Planelló, R., Pérez, J.M. y Novo, M. (2018). Uso de recursos didácticos virtuales y laboratorios virtuales como TIC para enseñanza de la Biología. En A. Brandi (Ed.), *Investigación y Didáctica en Ciencias, Tecnología, Ingeniería y Matemáticas* (pp. 355-362). Santillana.
- Arabit García, J. y Prendes Espinosa, M. P. (2020). Metodologías y Tecnologías para enseñar STEM en Educación Primaria: análisis de necesidades. *Pixel-Bit: Revista de Medios y Educación*, 57, 107-128. <https://doi.org/10.12795/pixelbit.2020.i57.04>
- Arabit García, J., Prendes Espinosa, M. P. y Serrano Sánchez, J. L. (2021). La enseñanza de STEM en Educación Primaria desde una perspectiva de género. *Revista Fuentes*, 23(1), 64-76. <https://doi.org/10.12795/revistafuentes.2021.v23.i1.12266>
- Aranda, M.C., Estrada, A. y Margalef, M.R. (2019). Idoneidad didáctica en Educación Infantil: matemáticas con robots Blue-Bot. *EDMETIC*, 8(2), 150-168. <https://doi.org/10.21071/edmetic.v8i2.11589>
- Auccahuasi, W., Bernardo, G., Oré, E. y Sernaque, F. (2018). Interactive online tool as an instrument for learning mathematics through programming techniques, aimed at high school students. En *Proceedings of the 6th International conference on information technology: IoT and Smart City* (pp. 70-76). Association for computing machinery. <https://doi.org/10.1145/3301551.3301580>
- Ballesteros-Ballesteros, V.A., Rodríguez-Cardoso, O.I., Lozano-Forero, S. y Nisperuza-Toledo, J.L. (2020). El aprendizaje móvil en Educación Superior: una experiencia desde la formación de ingenieros. *Revista científica*, 38(2), 243-257. <https://doi.org/10.14483/23448350.15214>
- Bampasidis, G., Piperidis, D., Papakonstantinou, V., Stathopoulos, D., Troumpetari, C. y Poutos, P. (2021). Hydrobots, an underwater robotics STEM project: introduction of engineering design process in secondary education. *Advances in Engineering Education*, 8(3), 1-24. <https://bit.ly/3ccEcgr>
- Binh, H.T., Trung, N.Q. y Duy, B.T. (2021). Responsive student model in an intelligent tutoring system and its evaluation. *Education and information technologies*. <https://doi.org/10.1007/s10639-021-10485-4>
- Bogusevschi, D. y Muntean, G.M. (2020). Virtual Reality and Virtual Lab-Based Technology-Enhanced Learning in Primary School Physics. *Communications in computer and Information Science*, 1220, 467-478. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-58459-7\\_22](https://doi.org/10.1007/978-3-030-58459-7_22)
- Campos, M. y Torres, A.A. (2017). Videojuegos en el aula de matemáticas el puzzle hands of time. *Uno: revista de didáctica de las matemáticas*, 77, 65-70. <https://bit.ly/2UEN0Tm>
- Carvajal, J.S., Del Pilar, D. y Herman, J. (2019). App's como herramientas pedagógicas para el proceso de enseñanza-aprendizaje de la Física. *Revista científica*, 1, 160-168. <https://bit.ly/3nuPEao>
- Casado, R. y Checa, M. (2020). Robótica y proyectos STEAM: desarrollo de la creatividad en las aulas de Educación Primaria. *Pixel-Bit*, 58. <https://doi.org/10.12795/pixelbit.73672>
- Castillo, D. (2020). Las TIC en los procesos de enseñanza-aprendizaje desarrollados por maestros tutores de Educación Primaria en la Región de Murcia. *RIITE Revista Interuniversitaria de Investigación en Tecnología Educativa*, 9, 1-14. <https://doi.org/10.6018/riite.432061>
- CEPAL/OEI (2020). *Educación, juventud y trabajo. Habilidades y competencias necesarias en un contexto cambiante*. Documentos de Proyectos (LC/TS.2020/116). CEPAL/OEI. <https://bit.ly/3BqrvC7>
- Christoforou, E.G., Masouras, P., Cheng, P., Avgousti, S., Tsekos, N.V., Panayides, A.S. y Georgiou, G.K. (2019). Educational robotics competitions and involved methodological aspects. En M. Merdan, W. Lepuschitz, G. Koppensteiner, R. Balogh, D. Obdržálek (Eds.), *Robotics in Education* (pp. 305-312). Springer. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-26945-6\\_27](https://doi.org/10.1007/978-3-030-26945-6_27)
- Córdoba Castrillón, M. y Ospina Moreno, J. (2019). Los videojuegos en el proceso de aprendizaje de los niños de preescolar. *Revista Interamericana de Investigación, Educación y Pedagogía*, 12(2), 113-138. <https://doi.org/10.15332/25005421.5010>
- Cui, W., Xue, Z. y Thai, K.P. (2019). Performance comparison of an AI-Based Adaptive Learning System in China. En *Proceedings 2018 Chinese Automation Congress* (pp. 3170-3175). <https://doi.org/10.1109/cac.2018.8623327>

- Demitriadou, E., Stavroulia, K.E. y Lanitis, A. (2020). Comparative evaluation of virtual and augmented reality for teaching mathematics in primary education. *Education and Information Technologies*, 25(1), 381-401. <https://doi.org/10.1007/s10639-019-09973-5>
- Emerling, C.R., Yang, S., Carter, R., Zhang, L. y Hunt, T. (2020). Using Amazon Alexa as an Instructional Tool during Remote Teaching. *Teaching Exceptional Children*, 53(2), 164-167.
- Ferrero, E., Cantón, I., Menéndez, M., Escapa, A. y Bernardo, A. (2021). TIC y gestión del conocimiento en estudiantes de Magisterio e Ingeniería. *Comunicar: Revista Científica Iberoamericana de Comunicación y Educación*, 66, 57-67. <https://doi.org/10.3916/c66-2021-05>
- Galindo-Domínguez, H. (2019). Los videojuegos en el desarrollo multidisciplinar del currículo de Educación Primaria: el caso Minecraft. *Pixel-Bit*, 55, 57-73. <https://doi.org/10.12795/pixelbit.2019.i55.04>
- García-Holgado, A., Verdugo-Castro, S., Sánchez-Gómez, M.C. y García-Peñalvo, F.J. (2020) Facilitating Access to the Role Models of Women in STEM: W-STEM Mobile App. En P. Zaphiris y A. Ioannou (Eds.), *Lecture Notes in Computer Science*, vol. 12205 (pp. 466-476). Springer. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-50513-4\\_35](https://doi.org/10.1007/978-3-030-50513-4_35)
- García-Soidán, J. L., Boente-Antela, B. y Leirós-Rodríguez, R. (2020). ¿Los menores españoles, en su tiempo libre, prefieren dispositivos electrónicos o actividad física?. *Sportis. Scientific Journal of School Sport, Physical Education and Psychomotricity*, 6(2), 347-364. <https://doi.org/10.17979/sportis.2020.6.2.6160>
- García-Tudela, P.A. (2018). El profesor Layton, gamificación y tutoría entre iguales en clase de matemáticas. *Aula de innovación educativa*, 270, 48-52. <https://bit.ly/3wqPfuO>
- González, V., Román, M. y Prendes, M.P. (2018). Formación en competencias digitales para estudiantes universitarios basada en el modelo DigComp. *EduTec, Revista Electrónica de Tecnología Educativa*, 65, 1-15. <https://doi.org/10.21556/edutec.2018.65.1119>
- González-Calatayud, V., Prendes-Espinosa, P. y Roig-Vila, R. (2021). Artificial Intelligence for student assessment: a systematic review. *Applied Sciences*, 11, 1-16.
- González-Sanmamed, M., Muñoz-Carril, P. C. y Estévez-Blanco, I. (2021). Ecologías de Aprendizaje digital en tiempos de COVID-19. *Publicaciones*, 51(3), 7-16. <https://revistaseug.ugr.es/index.php/publicaciones/article/view/21874>
- Hurtado, A. y Santamaría, N. (2019). La robótica en la enseñanza de las ciencias en Primaria, una experiencia con Bee-Bot. *Creativity and Educational Innovation Review (CEIR)*, 3, 104-119. <https://doi.org/10.7203/CREATIVITY.3.15977>
- INTEF (2017). *Marco Común de Competencia Digital Docente*. Ministerio de Educación, Cultura y Deporte del Gobierno de España. <https://bit.ly/2RdzMOW>
- Jiménez-Morales, M., Montaña, M. y Medina Bravo, P. (2020). Uso infantil de dispositivos móviles. Influencia del nivel socioeducativo materno. *Comunicar*, 33(64), 21-28. <https://doi.org/10.3916/C64-2020-02>
- Jiménez-Hernández, D., Muñoz-Sánchez, P. y Sánchez-Giménez, F. (2021). La Competencia Digital Docente, una revisión sistemática de los modelos más utilizados. *Revista Interuniversitaria de investigación en Tecnología Educativa*, 10, 105-120. <https://doi.org/10.6018/riite.472351>
- Kaneko, H. y Makino, M. (2020). A VR-based support system of self-learning microscope operation. In *International Workshop on Advanced Imaging Technology (IWAIT)* (1151524). <https://doi.org/10.1117/12.2566903>
- Koehler, M.J. y Mishra, P. (2009). What is technological pedagogical content knowledge? *Contemporary Issues in Technology and Teacher Education*, 9(1), 60-70. <https://bit.ly/35c745Y>
- Krechetov, I. y Romanenko, V. (2020). Implementing the adaptive learning techniques. *Voprosy Obrazovaniya*, 2, 252-277. <https://doi.org/10.17323/1814-9545-2020-2-252-277>
- Kupchyk, L. y Litvinchuk, A. (2021). Constructing personal learning environments through ICT-mediated foreign language instruction. *Journal of Physics*, 1840(1), 012045. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1840/1/012045>
- Lane, D. (2021). *Machine Learning for Kids. A Project-based introduction to artificial intelligence*. No Starch Press.

- Lengua, C., Bernal, G., Flórez, W. y Velandia, M. (2020). Tecnologías emergentes en el proceso de enseñanza-aprendizaje: hacia el desarrollo del pensamiento crítico. *Revista Electrónica Interuniversitaria de Formación del Profesorado*, 23(3), 83-98. <https://doi.org/10.6018/reifop.435611>
- Mariel, R., Martín, R.B y García, L. (2021). Ecologías de aprendizaje en educación secundaria: TIC y aprendizaje informal. *Revista Tecnología, Ciencia y Educación*, 18, 77-97. <https://doi.org/10.51302/tce.2021.571>
- Marín, V. y Muñoz, V.P. (2018). Trabajar el cuerpo humano con realidad aumentada en Educación Infantil. *Revista Tecnología, Ciencia y Educación*, 9, 148-158. <https://doi.org/10.51302/tce.2018.177>
- Marín, V., Muñoz, J.M. y Vega, E.M. (2016). La realidad aumentada como herramienta de aprendizaje en Educación Infantil. En R. Roig-Vila (Ed.), *Tecnología, innovación e investigación en los procesos de enseñanza-aprendizaje* (pp. 833-841). Octaedro. <http://bit.ly/2rp24c5>
- Mera, C., Ruiz, G., Román, B., Aragón, E. y Navarro, J.I. (2019). Apps para el aprendizaje de las matemáticas en educación infantil. *Revista INFAD de Psicología*, 1. <https://doi.org/10.17060/jjodaep.2019.n1.v3.1456>
- Mesa, M. (2019). Una propuesta metodológica para orientar el laboratorio de física haciendo uso de tecnologías emergentes y el enfoque STEM. *Revista de enseñanza de la física*, 31, 525-530. <https://bit.ly/2Kh1irk>
- Orquín, I., Aguado, H., Berenguer, G. y Petrovic, V. (2017). Experiencia de montaje y operación de una impresora 3D en el aula. *Modelling in Science Education and Learning*, 10(2), 107-116. <https://doi.org/10.4995/msel.2017.6619>
- Pacheco, J.A. (2020). Repensar la escuela de educación primaria en tiempos de incertidumbre. En O. Granados Roldán, *La educación del mañana: ¿inercia o transformación?* (pp. 166-175). OEI.
- Pareto, L. (2014). A teachable agent game engaging Primary School children to learn arithmetic concepts and reasoning. *International Journal of artificial intelligence in education*, 24, 251-283. <https://doi.org/10.1007/s40593-014-0018-8>
- Pérez, M.A. (2021). Implicaciones éticas del uso del machine learning como mediador en el desarrollo de habilidades metacognitivas en niños y adolescentes. *Informatio*, 26(1), 123-131. <https://doi.org/10.35643/Info.26.1.7>
- Prendes Espinosa, M.P. y Cerdán Cartagena, F. (2021). Tecnologías avanzadas para afrontar el reto de la innovación educativa. *RIED: revista iberoamericana de educación a distancia*, 24(1), 35-53. <https://doi.org/10.5944/ried.24.1.28415>
- Prendes Espinosa, M.P. y Gutiérrez Porlán, I. (2013). Competencias tecnológicas del profesorado en las universidades españolas. *Revista de Educación*, 361, 196-222. <https://doi.org/10.4438/1988-592X-RE-2011-361-140>
- Prendes, M.P. y Román, M.M. (2017). Investigando sobre PLE. En M.P. Prendes y M.M. Román (Eds.), *Entornos personales de aprendizaje: una visión actual de cómo aprender con tecnologías* (pp. 19-38). Octaedro.
- Prendes Espinosa, P., Castañeda Quintero, L., Gutiérrez-Porlán, I y Sánchez-Vera, M.M. (2017). Personal Learning Environments in future professionals: nor natives or residents, just survivors. *International Journal of Information and Education Technology*, 7(3), 172-179. <https://doi.org/10.18178/ijiet.2017.7.3.861>
- Prendes Espinosa, M.P, Montiel Ruiz, F.J. y González Calatayud, V. (2021). Uso de TIC por parte del profesorado de enseñanza secundaria analizado a partir del modelo de ecologías de aprendizaje: estudio de caso en la región de Murcia. *Publicaciones*, 51(3), 109-135. <https://doi.org/10.30827/publicaciones.v51i3.18374>
- Premsky, M. (2001). Digital natives, digital immigrants. *On the Horizon*, 9(5). <https://bit.ly/3wNnNqN>
- Rattaro, C., Briozzo, I., Siniscalchi, M., Blasina, F. y Del Castillo, M. (2020). Encouraging girls in STEM: workshops on analog electronics, sensors and robotics. In G.R. Alves, A.V. Fidalgo, M.C. Felgueiras, R. Costa (Eds.), *Proceedings TAAE 2020* (Article number 9163703). IEEE. <https://bit.ly/2UzQ8zL>

- Recomendación del Parlamento Europeo y del Consejo de 18 de diciembre de 2006 sobre las competencias clave para el aprendizaje permanente (2006/962/CE). *Diario Oficial de la Unión Europea*. <https://bit.ly/34DrumK>
- Redecker, C. (2017). *European framework for the digital competence of educators: DigCompEdu*. En Y. Punie (Ed.). Publications Office of the European Union. <https://bit.ly/3wHBhnK>
- Ribera, J.M. y Cuadrado, M.L. (2016). LegoMath. Realidad aumentada en el aula de matemáticas. En R. Roig-Vila (Ed.), *Tecnología, innovación e investigación en los procesos de enseñanza-aprendizaje* (pp. 1128-1133). Octaedro. <http://bit.ly/2rp24c5>
- Rivero, C. y Suárez, C. (2017). Mobile learning y aprendizaje de las Matemáticas: el caso del proyecto mati-tec en el Perú. *Tendencias pedagógicas*, 30, 37-52. <https://bit.ly/32TmTww>
- Roqueta, M.L. (2018). La realidad aumentada aplicada al ámbito científico en el nivel de ESO. En A. Brandi (Ed.), *Investigación y Didáctica en Ciencia, Tecnología, Ingeniería y Matemáticas* (pp. 461-470). Santillana.
- Sampedro, B.E., Muñoz, J.M. y Vega, E. (2017). El videojuego digital como mediador del aprendizaje en la etapa de Educación Infantil. *Educar*, 53(1), 89-107. <https://doi.org/10.5565/rev/educar.850>
- Sánchez-Vera, M.M. (2021). La robótica, la programación y el pensamiento computacional en la educación infantil. *Revista Infancia, Educación y Aprendizaje*, 7(1), 209-234. <https://doi.org/10.22370/ieya.2021.7.1.2343>
- Saorín, J.L., Torre, J., Martín, N., Carbonell, C. y Melián D. (2017). Creación e inserción de modelos 3D en Minecraft para la mejora de la competencia espacial y creativa en Ingeniería. En A. Vega y D. Stendardi (Eds.), *Imaginar y comprender la innovación en la universidad* (pp. 303-312). Universidad de La Laguna. <https://bit.ly/2HhisnA>
- Schacter, J. y Jo, B. (2017). Improving preschoolers' mathematics achievement with tablets: a randomized controlled trial. *Mathematics education research journal*, 29, 313-327. <https://doi.org/10.1007/s13394-017-0203-9>
- Serrano-Sánchez, J.L., López-Vicent, P. y Gutiérrez-Portlán, I. (2021). Entornos personales de aprendizaje: estrategias y tecnologías utilizadas por el alumnado universitario. *Revista Electrónica Educare*, 25(2), 1-18. <https://doi.org/10.15359/ree.25-2.22>
- Tadeu, P. (2020). La competencia científico-tecnológica en la formación del futuro docente. Algunos aspectos de la autopercepción en respeto a la integración de las TIC en el aula. *Educatio siglo XXI: Revista de la Facultad de Educación*, 38(3), 37-54. <https://doi.org/10.6018/educatio.413821>
- Turan, S., y Aydoğdu, F. (2020). Effect of coding and robotic education on pre-school children's skills of scientific process. *Education and Information Technologies*, 25, 4353-4363. <https://doi.org/10.1007/s10639-020-10178-4>
- Underwood, J. (2017). Exploring AI Language Assistants with Primary EFL Students. *EUROCALL 2017 Conference*, Southampton, United Kingdom.
- UNESCO (2020). *La educación en un mundo tras la COVID: nueve ideas para la acción pública*. UNESCO. En [https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000373717\\_spa](https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000373717_spa)
- Valverde-Berrocoso, J. (2016). La investigación en Tecnología Educativa y las nuevas ecologías del aprendizaje: Design-Based Research (DBR) como enfoque metodológico. *Revista Interuniversitaria de Investigación en Tecnología Educativa*, 0. <https://doi.org/10.6018/riite/2016/257931>
- Vergne, M.J., Smith, J.D. y Bowen, R.S. (2020). Escape the (remote) classroom. *Journal of chemical education*, 97(9), 2845-2848. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.0c00449>
- White, D.S. y Le Cornu, A. (2011). Visitors and residents: a new typology for online engagement. *First Monday*, 16(9). <https://doi.org/10.5210/fm.v16i9.3171>
- Ye, S.H., Hsiao, T.Y. y Sun, C.T. (2018). Using commercial video games in flipped classrooms to support physical concept construction. *Journal of computer assisted learning*, 34(5), 602-614. <https://doi.org/10.1111/jcal.12267>

#### Cómo citar en APA:

Arabit-García, J., García-Tudela, P. A. y Prendes-Espinosa, M. P. (2021). Uso de tecnologías avanzadas para la educación científica. *Revista Iberoamericana de Educación*, 87(1), 173-194. <https://doi.org/10.35362/rie8714591>



Didática de la Matemática  
Ensino da Matemática



## El Plan CEIBAL y el uso de tecnología digital con sentido pedagógico para la enseñanza de la Matemática. El caso de la Placa micro:bit

Gustavo Bentancor Biagas<sup>1</sup>

Lily Velázquez<sup>1</sup>

Ana Laura Machado<sup>1</sup>

Ignacio López<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Plan CEIBAL, Uruguay

**Resumen.** El artículo que presentamos se basa en una investigación cuyo objetivo fue identificar y describir el uso que realizan de la placa micro:bit con sentido pedagógico los profesores de Matemática de 1ero. y 2do año. de Educación Media de Uruguay. Se realizó un estudio a través de un modelo indagativo cimentado en el paradigma cualitativo. Las técnicas que se desarrollaron fueron: grupo de discusión con 8 profesores y análisis documental de las propuestas de 14 docentes. Entre los principales hallazgos del estudio, se destaca que el uso que hicieron los profesores de la placa micro:bit permitió mejorar la comprensión de conceptos matemáticos (divisibilidad, relaciones de orden, variable) y posibilitó que los alumnos abordaran la situación con una actitud reflexiva que los predispuso a formular conjeturas y discutir su validez. Asimismo, la Programación en la clase de Matemática permitió a los profesores organizar las actividades pedagógicas de una manera innovadora que no se hubiese logrado sin la placa. Los docentes concuerdan que, en las interacciones entre los participantes y en la construcción conjunta de docente y alumnos de conceptos matemáticos y habilidades digitales con la finalidad de resolver la situación, se pudo constatar el potencial transformador de la tecnología digital.

**Palabras clave:** Plan CEIBAL; enseñanza de la Matemática; profesores de Matemática de educación media; tecnología digital; placa micro:bit

### *O Plano CEIBAL e o uso da tecnologia digital com sentido pedagógico para o ensino da Matemática. O caso da Placa Micro:bit*

**Resumo.** Este artigo baseia-se numa pesquisa cujo objetivo era identificar e descrever o uso da placa Micro: bit para ensinar professores de Matemática do 1º e 2º ano do Ensino Médio no Uruguai. O estudo realizou-se através de um modelo de pesquisa qualitativa. As técnicas utilizadas foram: grupo de discussão com 8 professores e análise documental das propostas de 14 professores. Entre as principais conclusões do estudo, destaca-se que o uso feito pelos professores da placa Micro: bit melhorou a compreensão dos conceitos matemáticos (divisibilidade, relações de ordem, variável) e permitiu aos alunos abordarem a situação com uma atitude reflexiva, induzindo-lhes a formular conjeturas e a discutir a sua validade. Por outro lado, a Programação na aula de Matemática possibilitou aos professores organizar atividades pedagógicas de uma forma inovadora que não teria sido possível sem a placa. Os docentes concordam que, nas interações entre os participantes e na construção conjunta de conceitos matemáticos e habilidades digitais por parte do professor e dos alunos para resolver a situação, pôde-se notar o potencial transformador desta tecnologia digital.

**Palavras-chave:** Plano CEIBAL; ensino de Matemática; professores de Matemática de educação média; tecnologia digital; Placa Micro:bit

### *Plan Ceibal and the use of digital technology with pedagogical sense in math teaching. The case of the micro:bit board*

**Abstract.** This article is based on research aiming to identify and describe how Uruguayan 7th and 8th grade mathematics teachers use the micro:bit microcomputers with pedagogical sense. The study used an indagative method based on a qualitative paradigm. The developed techniques were: discussion groups with eight teachers and document analysis of materials presented by fourteen teachers. Among the main discoveries of this research, it stands that the use teachers made of the micro:bit board allowed a better understanding of the mathematical concepts by their students (divisibility, order relations, variables) and it allowed them to approach the situation with a reflective attitude that predisposed them to build conjectures and discuss their viability. On the other hand, programming in the maths class allowed teachers to organize the pedagogical activities in an innovative way that wouldn't be possible without the board. Teachers agree that, in the interactions of the different participants, and the conjoint construction of mathematical concepts and digital skills between students and them aiming to solve a specific situation, the transformative potential of digital technology became evident.

**Keywords:** Plan CEIBAL; mathematics teaching; middle school math teachers; digital technology; micro:bit board

## 1. Introducción

El Plan de Conectividad Educativa de Informática Básica para el Aprendizaje en Línea (Plan CEIBAL) se creó en 2007 siendo parte de políticas educativas para el desarrollo de la inclusión e igualdad de oportunidades de todos los niños y jóvenes, con el objetivo de apoyar con tecnología las prácticas de enseñanza y aprendizaje en las aulas uruguayas. Se constituye como una sostenida inversión de Uruguay en tecnologías digitales para las instituciones, basado inicialmente en el proyecto OLPC (One Laptop Per Child), en que se distribuye un equipo por niño y se otorga conectividad a las instituciones educativas.

Uruguay ha logrado avances significativos en relación con el acceso de dispositivos y de disponibilidad en la conectividad, democratizando el acceso a la información y disminuyendo la brecha digital existente entre los diferentes sectores de la población. CEIBAL ha llevado adelante acciones para promover prácticas de enseñanza y aprendizajes significativas en territorio, haciendo foco en las construcciones de los actores protagonistas y sus necesidades. Especialmente la Gerencia de Formación ha logrado desplegar propuestas de intervención para la formación continua de los docentes y sus procesos de profesionalización. Dentro de esta gerencia el Departamento de Matemática ha generado diversas acciones tendientes a potenciar, buenas prácticas para la enseñanza de la matemática en los colectivos docentes tanto de la educación primaria como en la educación media.

Las diferentes experiencias y estudios asociados tanto a nivel regional como internacional dan cuenta de una insuficiencia en la dotación de equipamiento y conectividad para evidenciar mejoras en los aprendizajes asociados a dicha incorporación. La necesidad de un cambio metodológico radica en los diferentes usos que el docente reconoce en la tecnología, entendiendo que la sola presencia de ellas en las aulas no es un generador de cambios en cuanto a la apropiación y desarrollo de aprendizajes (Rivera-Vargas y Cobo-Romani, 2020).

A pesar de los avances realizados en cuanto al acceso a información, a los dispositivos y a la conectividad, hay desafíos que permanecen latentes y muy vigentes, fundamentalmente en lo que tiene que ver con la incorporación de herramientas digitales con sentido pedagógico.

## 2. La evidencia internacional y nacional

Diversas investigaciones (Revelo, 2017; Goehle y Wagaman, 2016; Attard, 2015) señalan las ventajas de utilizar tecnología digital para la enseñanza de la Matemática, ya que proporcionan un escenario de visualización, exploración, manipulación e interacción entre el pensamiento intuitivo de los alumnos y los objetos matemáticos abstractos.

Sin embargo, la simple incorporación de la tecnología digital en las aulas de Matemática no garantiza la transformación de las prácticas educativas que conlleven a la mejora de los procesos de enseñanza y aprendizaje (Revelo, 2017; Attard, 2015; Bansilal, 2015). Algunos autores (Revelo, 2017; Goehle y Wagaman, 2016; Sosa, 2015) señalan que existen una serie de factores, como: la formación docente en habilidades y competencias digitales, el uso de aplicaciones digitales para la didáctica

de la enseñanza de la Matemática y la promoción de redes de comunicación entre docentes y estudiantes para el aprendizaje colaborativo en torno a la tecnología, que tienen incidencia en la transformación de las prácticas.

En el caso de Uruguay, un estudio reciente (Vaillant, Rodríguez-Zidán, Bentancor-Biagas, 2020) ha evidenciado que el escenario es similar a la realidad internacional relatada en esto aspectos, pues si bien la disponibilidad de recursos tecnológicos en los centros educativos es muy favorable, existe un uso moderado de las tecnologías digitales con un sentido pedagógico, subutilizando algunos recursos como GeoGebra, Plataforma Adaptativa de Matemática (PAM), Plataforma CREA, entre otros. Si bien existen cada vez más aplicaciones y softwares que tienen el potencial para generar escenarios para la mejora de la comprensión de los conceptos matemáticos y de las habilidades digitales para innovar, indagar y crear nuevos procesos de enseñanza y aprendizaje, los resultados señalan que el mero uso de la tecnología digital no produce una mejora en las prácticas de enseñanza.

### 3. Formulación del problema de investigación

Tal como lo señala la literatura internacional y la realidad de Uruguay, es importante conocer cómo la tecnología digital puede ser utilizada por los docentes con el fin de diseñar experiencias de enseñanza de la Matemática que permitan transformar sus prácticas y contribuya a enriquecer y fortalecer las propuestas de aula, para que los estudiantes puedan conseguir aprendizajes significativos de los conceptos matemáticos (García-González, y Solano-Suárez, 2020). En casi todos los contextos educativos se reconoce una tendencia de los docentes a la incorporación en sus prácticas de las tecnologías educativas, principalmente recursos web y dispositivos como computadoras, celulares inteligentes o tablets, sin embargo, no está tan claro el uso pedagógico de esta incorporación ni la transformación de sus prácticas reflexionadas desde ella. La experiencia relevada y la literatura específica a nivel internacional da cuenta que los esfuerzos realizados a niveles de políticas educativas, que intentaron dotar de equipos, conectividad, softwares específicos a los diferentes sistemas educativos a través de sus docentes y estudiantes, no son suficientes ni muestran una relación significativa con la mejora de los aprendizajes (Kozma, 2005; Valiente, 2010).

El estudio que se presenta en este artículo parte de una experiencia desarrollada en Uruguay durante el año 2020, en un nuevo escenario educativo producto de la situación de pandemia causada por el COVID-19, con alumnos de 1er. y 2do año de Enseñanza Media Básica, es decir con edades entre 12 y 15 años. Esta propuesta, llamada Encuentro Matemático, es una actividad anual de acompañamiento y de trabajo con estudiantes y docentes. En la misma, el equipo de Matemática de CEIBAL genera y plantea una serie de actividades, retos y desafíos para que cada docente trabaje junto a sus estudiantes, en su clase, integrando las tecnologías al aprendizaje de la matemática.

Las actividades se desarrollan en un entorno gamificado, buscando la generación de exploración, construcción y trabajo colaborativo. Uno de los retos propuestos para el 2020 involucró el uso de micro:bit, pequeña placa programable diseñada para que los estudiantes con escaso o ningún conocimiento de la programación puedan ejecutar un programa. Estas placas pueden recibir un conjunto de datos que el programa

utilizará para producir una acción en concreto. Los datos (entrada) son suministrados al programa por los alumnos mediante sensores y las acciones (salida) a través de actuadores. Los sensores que comúnmente se utilizan son: brújula, acelerómetro sensor de luz ambiente (pantalla), botones, termómetro y los actuadores: pantalla (LED).

El estudio toma en cuenta las consideraciones antes señaladas y a partir de ellas se formulan las siguientes preguntas:

¿Qué importancia le dan los docentes de matemática de Educación Media al uso de la tecnología digital en sus prácticas de enseñanza?

¿El uso que hacen los docentes de matemática de la placa micro:bit podría incidir favorablemente en la mejora de la enseñanza de la matemática?

¿El uso de la placa micro:bit promueve el desarrollo de habilidades digitales y competencias generales o específicas a la matemática en los estudiantes?

¿Cómo integran los docentes la tecnología digital a sus procesos de enseñanza?

El estudio buscó contribuir a generar mayor conocimiento que se fundamente en la investigación empírica y que permita saber cómo los profesores de matemática de Educación Media de Uruguay utilizan la tecnología digital con sentido pedagógico para mejorar la comprensión de los conceptos matemáticos.

En esta línea, la investigación que se detalla tiene como objetivo identificar y describir el uso de la placa micro:bit con sentido pedagógico que realizan en sus clases los profesores de Matemática de 1ero y 2do año del Educación Media de Uruguay.

#### 4. Marco teórico de referencia

Se utilizó el modelo SAMR, Puentedura (2006), para colaborar con los docentes a incorporar las tecnologías digitales en la enseñanza, con el fin de lograr altos niveles de aprendizaje. Es un acrónimo que en inglés implica las acciones de sustitución, aumento, modificación y redefinición. A su vez estas cuatro acciones están diferenciadas en dos niveles: un primer nivel que muestra una mejora y un segundo nivel que reconoce una transformación. Específicamente, el primer nivel en la incorporación de la tecnología está dado por la Sustitución, y se evidencia en un aula en donde la tecnología sustituye directamente una herramienta sin ningún cambio funcional. En este nivel, la tecnología además de no ser decisiva en la construcción del conocimiento tampoco es imprescindible, ya que la tarea se hubiera podido realizar sin ella. En el siguiente escalón, y aún dentro de la categoría mejora, se produce el Aumento. En este caso además de que se realiza una sustitución de una herramienta por otra, se da una mejora en la funcionalidad de esta. En este nivel si bien la tecnología genera un valor agregado a la tarea, no se reconocen cambios metodológicos. El avance al siguiente nivel permite dejar lo que es considerado explícitamente como mejora, para pasar a ser un proceso de transformación en la Modificación. Se produce un avance en la función de la tecnología en donde aquí, ésta permite un rediseño significativo de las actividades de enseñanza. El último nivel de los cuatro, y segundo dentro de la categoría Transformación, se encuentra la tecnología permitiendo redefiniciones, creaciones de nuevas actividades en donde sin ella sería imposible llevarlas a cabo. Aquí claramente se produce un cambio metodológico.

Según plantea Vaillant (2015) en el prólogo del libro "Educación y Tecnología en el Uruguay: una mirada desde la investigación" existen tres categorías de elementos para tener en cuenta a fin de asegurar una adecuada incorporación de tecnologías

digitales por parte de los docentes, en procesos con intención de enseñanza. Dichas categorías son las concernientes a la competencia tecnológica docente, la actitud frente a ella y el tipo de uso que le da. De esta manera aparece que el estar familiarizado con las tecnologías y disponer de dispositivos y conectividad, no alcanzaría para que la incorporación sea exitosa y genere aprendizaje, ya que aparecen en escena temas como la actitud del docente frente a la transformación que esta incorporación supone y la posibilidad de un cambio en las metodologías a tales efectos. El docente tiene que conocer las tecnologías digitales, creer en ellas como herramienta de cambio y estar dispuesto al cambio metodológico para la transformación de las prácticas áulicas.

En el mismo sentido, Tedesco (2012) distingue dos aspectos en lo que tiene que ver con el proceso de incorporación de las tecnologías digitales en los ámbitos educativos, asociado al carácter social, de acceso a la comunicación e información; y otra de carácter pedagógico, y en este último caso esa inclusión será vista como una herramienta pedagógica y didáctica para la transformación de las prácticas de enseñanza y con impacto en los aprendizajes. Especialmente y coincidiendo con la mirada actual de la literatura especializada a nivel internacional, Tedesco (2012) plantea la necesidad de sacar el foco en las tecnologías mismas y ponerlo en los modelos metodológicos que faciliten su incorporación y uso para su uso pedagógico.

Asimismo, Dussel (2011) se suma al cambio institucional en cuanto a las formas de incorporación de las tecnologías digitales en ámbitos educativos, planteando la necesidad de modificar la forma de configurar la creación de conocimiento en la escuela.

Las nuevas tecnologías tienen lógicas y modos de configurar el conocimiento muy diferente a los de la escuela. Las primeras funcionan en base a la personalización, la seducción y el involucramiento personal y emocional, y suelen ser muy veloces y con una interacción inmediata. La escuela, en cambio, es una institución basada en el conocimiento disciplinar, más estructurada, menos exploratoria, y con tiempos y espacios determinados de antemano, más lentos y menos porosos (Dussel, 2011, p. 11).

En tanto la intencionalidad pedagógica asociada a este uso de las tecnologías digitales en el ámbito educativo puede definirse según Coll (2004), el uso pedagógico de las TIC como una herramienta vital que mejora los procesos de enseñanza y de aprendizaje permitiendo orientar y brindar a los docentes la posibilidad de innovar sus prácticas de aula, creando entornos de aprendizaje más dinámicos e interactivos para la adquisición de un aprendizaje significativo estimulando los procesos mentales, facilitando el trabajo en equipo y las relaciones interpersonales. Lo que hace la diferencia en esta conceptualización del uso de las tecnologías digitales es el objetivo de que a partir de ella se promueva un aprendizaje significativo, poniendo foco en ese uso sin desconocer el elemento motivador y dinámico. Esto último igualmente puede ser abordado por múltiples herramientas, que serán digitales o no, pero en las cuales no necesariamente éstas desarrollan aprendizajes estables y duraderos.

Este uso pedagógico para Coll (2004) así planteado tiene como objetivo reforzar, consolidar, resignificar y apoyar, llevando a la práctica situaciones, modelos o metodologías de abordaje pedagógico ya existentes o emergentes que pueden transformar los ambientes escolares para el aprendizaje; asimismo el autor afirma que "El

uso pedagógico de un recurso tecnológico sólo puede identificarse y describirse en sentido estricto en el marco de una práctica o actividad en cuya realización interviene ese recurso" (pp.17-19).

En cuanto al concepto de objeto matemático, en el contexto de este artículo se retoma lo propuesto por Pecharromás (2014)

"Un objeto matemático es, o representa, una cualidad o una acción que tiene la función de organizar o interpretar un contexto. Así pues, los objetos matemáticos son una función organizativa o interpretativa del contexto. El objeto matemático tiene un origen e identidad funcional" (p.112).

Asimismo, se retoma de esta autora la importancia de las diferentes representaciones asignadas a los objetos matemáticos, que le otorgan dicha identidad y funcionalidad. En esa misma línea, las representaciones adquieren relevancia porque permiten caracterizar al objeto matemático, así como contribuir a su interpretación. Al decir de Pecharromás (2014)

"Las representaciones del objeto matemático, como signos que permiten su expresión, contribuyen al desarrollo de su significado y permiten (los iconos) la interpretación de sus propiedades y relaciones internas, que también son caracterizadoras del objeto" (p.114)

## 5. Métodos y materiales

Para responder a nuestras preguntas de investigación y contribuir al conocimiento en torno al uso de tecnología digital en la enseñanza de la Matemática con sentido pedagógico, se diseñó un estudio a través de un modelo indagativo cimentado en el paradigma cualitativo.

Dada la profundidad de la información que necesitábamos para responder a las preguntas formuladas, debimos recurrir a dos técnicas para la recolección de datos: grupo de discusión y análisis documental.

## 6. Población y muestra

El universo que constituye este estudio está determinado por la condición de ser profesor de Matemática de 1ero o 2do año de Educación Media en Uruguay. El marco que se utilizó para la determinación de la muestra cualitativa de este estudio se constituyó a partir de los registros y bases de datos de los docentes que participaron durante la edición 2020 del concurso "Encuentro Matemático" organizado por el Departamento de Matemática del Centro CEIBAL.

### 6.1 Grupo de discusión

Para conformar la muestra del grupo se tuvo en cuenta que lo importante de esta técnica es la comunicación entre los participantes, en especial poder captar la profundidad de la realidad estudiada, por lo que para la selección de la muestra se buscó seguir con los principios de la heterogeneidad estructural para muestras cualitativas (Valles, 1997). Para esto, se conformaron tres niveles estructurales: eje socioeconómico, eje espacial y eje temporal que quedaron definidos a partir de una

serie de variables estructurales que recogen las características del colectivo de los ocho profesores que participaron del grupo. La Tabla 1 muestra los niveles y variables estructurales que permitieron definir la muestra.

Tabla 1. Niveles y variables utilizadas para estructurar la muestra

Niveles estructurales		
Socio estructural	Espacial	Temporal
Género, Edad, Formación inicial, Posgrado, Experiencia en el cargo.	Departamento de Uruguay.	Durante el Ciclo 2020 en el que se desarrolló el concurso.

Fuente: elaboración propia.

## 6.2 Análisis documental

La selección de las unidades de análisis para la conformación de la muestra se realizó siguiendo los mismos principios de heterogeneidad estructural planteados (Valles, 1997) propuestos para el grupo de discusión. La muestra quedó conformada por 14 profesores a los que se les solicitó autorización para utilizar los documentos que dan cuenta de su producción con relación a las diferentes estrategias elaboradas para la resolución del Reto 3 a través del uso de la placa micro:bit. La evidencia fue recogida a través de la plataforma de gestión de aprendizaje CREA<sup>1</sup>

Del total de profesores participantes del concurso, en la Categoría Mangangá, (43 profesores) se accedió a los documentos didácticos de 14 de ellos quienes conformaron la muestra. La tabla 2 muestra un resumen de los materiales que se utilizaron para la revisión documental.

Tabla 2. Resumen de la muestra de materiales recogidos

Tipo de documento	Proporcionado por el docente
Programación de la placa micro:bit	D1-D2-D3-D4-D5-D6-D7-D8-D9-D10-D11-D12-D13-D14
Fotográfico	D1-D2-D4-D5-D8-D10-D12-D14
Recurso audiovisual - Video	D1-D2-D3-D4-D5-D6-D7-D8-D9-D10-D11-D12-D13-D14
Comentarios de la resolución de la situación problemática planteada	D1-D2-D3-D4-D5

Fuente: elaboración propia.

## 7. Instrumentos

### 7.1 Grupo de discusión

La elección del grupo de discusión como técnica para la recogida de información se basó en la riqueza que ésta proporciona y la posibilidad de ampliar la comprensión del objeto de estudio. Con esta técnica se buscó profundizar algunos de los temas que se evidenciaron con el análisis documental realizado a través de los vídeos y de las estrategias de resolución de la consigna de trabajo propuesta (Reto 3).

<sup>1</sup> La plataforma de Contenidos y Recursos para la Educación y el Aprendizaje, según su acrónimo CREA, es una plataforma donde se alojan diferentes recursos (entre ellos una Plataforma Adaptativa de Matemática, Matific, una amplia valijas de aplicaciones para la evaluación, creación y comunicación de actividades educativas), gestionada por el Plan Ceibal, y hospedada por un servidor de la empresa Schoology.

Este dispositivo metodológico permitió generar un microespacio para conocer las opiniones y recoger la información de un colectivo de docentes a partir de sus interacciones, y de sus opiniones que se derivan de las experiencias personales vividas durante la actividad. La relevancia de esta técnica no directiva es expuesta por Morgan cuando al respecto señala, “son útiles cuando se trata de investigar qué piensan los participantes, pero son excelentes para descubrir por qué los participantes piensan como lo hacen” (Morgan, 1988, citado en Barbour, 2013, p. 59).

Para ordenar la dinámica del grupo de discusión se diseñó una guía en la que se dispuso, además de los objetivos que se perseguían con su aplicación, la inclusión de una serie de interrogantes con las que se buscó promover la participación de los docentes. Las preguntas propuestas abarcan dos grandes dimensiones: el uso didáctico de la placa micro:bit para la enseñanza de la Matemática, y la tecnología digital para la comprensión del contenido matemático, y de los procesos constitutivos de la resolución de problemas.

Dado el escenario actual de pandemia por el COVID-19 en que nos encontramos, fue necesario realizar la sesión con el grupo de discusión a través de una videoconferencia llevada adelante con el servicio de videotelefonía de Meet de Google. Para realizar el registro de la sesión, con el objetivo de su posterior reproducción para la recolección de la información, se pidió el consentimiento de los docentes que intervinieron del grupo, a quienes se les garantizó el mantenimiento del anonimato y la confidencialidad de la información recabada. La presente ha sido una de las precauciones éticas que se han tenido en cuenta para este estudio.

El instrumento diseñado fue validado mediante juicio de experto a través de tres especialistas: dos de ellos de dilatada trayectoria en la enseñanza de la Matemática de nuestro país y el restante es un experto a nivel nacional, tanto por sus competencias profesionales como por su producción en temas de educación mediadas con tecnología digital.

La sesión de trabajo fue de una hora y media y participaron ocho docentes de Enseñanza Media de instituciones públicas de Uruguay, tamaño del grupo aceptado en la investigación en educación ya que favorece una dinámica activa entre los integrantes del focus y predispone para la conversación y discusión (Ibáñez, 1992).

## *7.2 Análisis documental*

Esta técnica, a diferencia del grupo de discusión en la que los investigadores tuvieron un rol protagónico en la obtención y registro de datos, permitió ampliar las posibilidades de recoger información desde una nueva perspectiva que la enriqueció. Tal como lo señala Yuni y Urbano (2006), “amplía la captación de los significados que nos permiten mirar esa realidad desde una perspectiva más global y holística” (p. 100).

Los documentos a los que hemos accedido para este estudio provienen de las producciones de los profesores para resolver la situación problemática planteada (Reto 3) durante la actividad Encuentro Matemático 2020, por lo que son documentos reales, y que se encuentran en diferentes soportes y formatos y su utilización, aunque generados a partir de la organización del Centro CEIBAL de la citada actividad, son de

naturaleza pública. Por tanto, de acuerdo con lo señalado por Yuni y Urbano (2006), la intencionalidad de su elaboración es pública, son reales y presentados en formato visual y audiovisual.

La ficha utilizada para el análisis documental fue piloteada a través de cinco docentes que tienen formación similar a los que participaron del estudio pero que no participaron de él, a efectos de asegurar su fiabilidad.

## 8. Procedimiento y análisis

La estrategia llevada a cabo para el análisis de los datos provenientes del grupo de discusión se elaboró siguiendo las recomendaciones de Glaser y Strauss (1967), a partir del diseño de dos tipologías de categorías, apriorísticas y emergentes. Así es que los significados que los docentes les atribuyen a aquellos aspectos concernientes a la integración de la tecnología digital a sus prácticas de enseñanza, al uso de la tecnología digital, en particular la placa micro:bit, para la mejora de la enseñanza de la Matemática, el uso de la placa micro:bit como un medio para la promoción del desarrollo de habilidades digitales y competencias de la Matemática, se agruparon en matrices de contenido que permitieron clasificar los datos emergentes (Miles y Huberman, 1984). Finalmente, los datos constitutivos de ambas categorías se triangularon con la información que provino del análisis documental con el objetivo de alcanzar mayor validez y consistencia en el análisis (Arias, 2000).

La Tabla 3 muestra un resumen descriptivo de las características generales de los documentos y sus singularidades.

Tabla 3: Identificación y características generales del material recogido

Código	Conocimiento matemático	Proceso que promovió la placa
D1	Variable. Modelo 3UV para la comprensión de los aspectos que representan a una variable. Expresiones algebraicas.	Interpretación y significación del concepto de variable. Conjeturación. Generalización y justificación. Abstracción.
D2	Expresiones algebraicas	Algoritmia
D3	Variable	Validación. Los estudiantes buscan validar sus respuestas de manera intrínseca al problema.
D4	Variable. Relación de orden	Investigación
D5	Variable y uso de paréntesis	Trabajo en equipo
D6	Orden numérico	Etapas de la resolución de problemas. Trabajo colaborativo.
D7	Variable Expresiones algebraicas	Etapas de la resolución de problemas
D8	Variable. Relación de orden	Pensamiento computacional
D9	Variable.	Interés por el aprendizaje
D10	Variable. Relación de orden	Método de exhaustión. Revisión de solución obtenida.
D11	Variable	Trabajo colaborativo en un foro diseñado exclusivo para el problema.

Código	Conocimiento matemático	Proceso que promovió la placa
D12	Variable. Relación de orden	Trabajo en equipo. Gran motivación por el aprendizaje
D13	Variable. Relación de orden. Paridad e imparidad. Divisibilidad	Variantes de problema propuesto.
D14	Relación de orden. Operaciones con enteros	Trabajo en equipo. Etapas de la resolución de problemas.

Fuente: Elaboración propia.

## 9. Resultados

Para identificar el uso con sentido pedagógico de las tecnologías digitales que hacen los profesores de Matemática que participaron de este estudio, se realizó un análisis de los segmentos de discurso y respuestas que provienen del grupo de discusión. Se desarrolló un análisis recurrente de los significados de los fragmentos, buscando identificar regularidades discursivas, lo que nos condujo a la determinación de cuatro familias semánticas que conformaron las categorías teóricas para el análisis.

Producto de este proceso, las categorías que se determinaron son las siguientes: "Uso de tecnología digital incide favorablemente en la mejora de la enseñanza de la Matemática", "Entornos de aprendizaje dinámicos", "Aprendizajes relevantes que estimulan procesos cognitivos", "Trabajo colaborativo". La Tabla 4 recoge las características de cada categoría.

Tabla 4. Características de las categorías semánticas

Categorías	Características
Uso de tecnología digital incide favorablemente en la mejora de la enseñanza de la Matemática.	El docente integra recursos de la placa micro:bit como un elemento que colabora a transformar la práctica de enseñanza.
Entornos de aprendizaje dinámicos.	Se caracterizan por la interactividad entre los participantes, lo que hace posible un mayor grado de compromiso e implicación en las tareas.
Aprendizajes relevantes que estimulan procesos cognitivos.	Aprendizajes significativos. Vinculados a procesos de resolución de problemas.
Trabajo colaborativo.	Trabajo en duplas o grupos en los que los alumnos trabajan colaborativamente en la búsqueda de solucionar el problema.

Fuente: elaboración propia.

Varios de los testimonios recogidos durante el grupo de discusión coinciden en destacar que el uso de la placa micro:bit para trabajar en la situación problemática propuesta incidió favorablemente en la mejora de la comprensión de los conceptos matemáticos puestos en juego (variable, expresiones algebraicas, relaciones de orden, conjuntos numéricos). Asimismo, los docentes concuerdan en que las transformaciones que se activan durante la programación por bloques permiten promover procesos constitutivos para la resolución de problemas (argumentar, justificar, generalizar, buscar

regularidades y patrones, abstraer, ensayar, explorar, experimentar y validar). Tal como lo expresan los participantes del grupo de discusión cuando relatan motivos que los han impulsado a utilizar esta tecnología digital.

“el trabajo con la placa les permite organizar lo que están pensando, escribirlo de alguna manera que funciona, la placa le permite organizar las ideas, equivocarse, les permitió el desarrollo del pensamiento lógico-matemático además de habilidades y competencias digitales” (D10).

“la placa implica seguir procesando el mismo problema, ayuda a la validación. Ellos ven donde está bien y donde está mal, ayuda a la visualización, ayuda a ver dónde está el error, no es uno que los está corrigiendo, es el mismo recurso que se los está mostrando” (D 9).

Otro de los aspectos señalados por los docentes con relación al uso de la placa micro:bit es la de favorecer un entorno de aprendizaje dinámico que colabora en el aprendizaje de los conocimientos matemáticos.

“el año pasado me pasó que los chiquilines al reto lo deshicieron y lo rehicieron como quisieron ellos. Justo estábamos trabajando con números enteros (...) y ellos dijeron – vamos a hacerlo para los números enteros, que aparezcan negativos y positivos, vamos a cambiarle el orden de los botones-. Lo hicieron de ellos, eso me pareció super importante, tomaron el reto, lo convirtieron y lo hicieron suyo” (D10).

Son elocuentes las manifestaciones que señalan, el hecho de incorporar la placa micro:bit a las prácticas de enseñanza promueve aprendizajes significativos y estimula procesos cognitivos que permiten reconocer diferentes significados de un objeto matemático, para en una etapa ulterior establecer relaciones entre estas representaciones. Asimismo, el uso de la placa promueve habilidades para formular, representar y resolver situaciones problemáticas nuevas.

“con esto de la programación ellos tienen que ver que funciona tienen que justificar, entonces ayuda a que entiendan por qué es importante justificar y que eso se traslade a la matemática a justificar los razonamientos de ellos” (D14)

“lo interesante de la placa, es cuando la programación no les funciona porque ahí es justamente cuando ellos tienen que volver al principio y en descomponer cada paso, creo que en ese momento entienden la importancia de justificar, argumentar, ir pensando, esa metacognición por decirlo de alguna manera, de pensar cómo hicieron cada cosa” (D11).

Destaca también la posibilidad de desarrollar estrategias de interacción social en las que los alumnos trabajan en grupos persiguiendo una meta en común. El centro de estas actividades es el alumno y el docente es un facilitador y guía del aprendizaje. En este sentido la placa micro:bit para la resolución del problema motiva a los alumnos y los predispone para una participación de su aprendizaje.

“los noté más confiados, agarraron más confianza en sí mismos, varios de los que decían -la matemática a mí no me gusta-, -yo no sé- o -yo no puedo- a partir de ese reto, vieron que pudieron, y que había compañeros que no habían podido tan rápido como ellos, los noté más abiertos a otras instancias dentro de la matemática” (D4).

En los relatos, uno de los temas que aparece primero en casi todos los participantes, hace referencia a la motivación que genera el uso de la placa en las aulas. Los docentes asocian, y lo explicitan, cambios en cuanto a la actitud frente al aprendizaje de la asignatura y en general hacia otro tipo de aprendizajes.

"vi un cambio en la relación grupal, mucho intercambio entre ellos, quisieron contar la experiencia, se sintieron fortalecidos y quisieron salir a mostrar lo que habían hecho. Yo si les doy un problema matemático no hubieran querido salir a mostrar y decir mira qué lindo mi problema" (D3).

"creo que una de las huellas que dejó el uso de la placa es que ellos reconozcan que uno no sabe todo, (...) ellos creen que nosotros tenemos que saber todo. El docente acompaña el proceso" (D5).

A partir de las evidencias recolectadas en el grupo de discusión se realizó otro análisis que permitió identificar varios testimonios, que van en la misma dirección que lo anteriormente planteado, respecto a las prácticas de enseñanza mediadas con tecnología digital. Esta praxis pedagógica fue asociada con los procesos de modificación y redefinición, Puentedura (2006) ambos constitutivos de la transformación de los procesos de enseñanza.

"los noté más confiados, a partir de ese reto, que vieron que pudieron, los noté más abiertos a otras instancias dentro de la matemática noté un cambio de actitud en la disciplina, querían que los sorprendiera, me pusieron la vara alta, porque querían siempre que los sorprendiera" (D4).

En el siguiente apartado vamos a presentar los resultados de los análisis desarrollados a un conjunto de diversos documentos que son la evidencia empírica y sirven como testimonio de los procesos de resolución de las actividades y de los conocimientos matemáticos involucrados en ellas.

En primera instancia se buscó organizar los documentos en una matriz de datos de modo de obtener una descripción general del contenido de dichos documentos, para en una segunda instancia desagregar el contenido según sus singularidades con el fin de analizar la forma en que los docentes de Matemática utilizaron la placa micro:bit para la resolución de la situación problemática propuesta. Este proceso nos condujo a cuatro categorías de análisis: "Habilidades y competencias matemáticas", "Conocimiento matemático para la resolución de la situación", "Trabajo en equipo" y "Habilidades digitales"

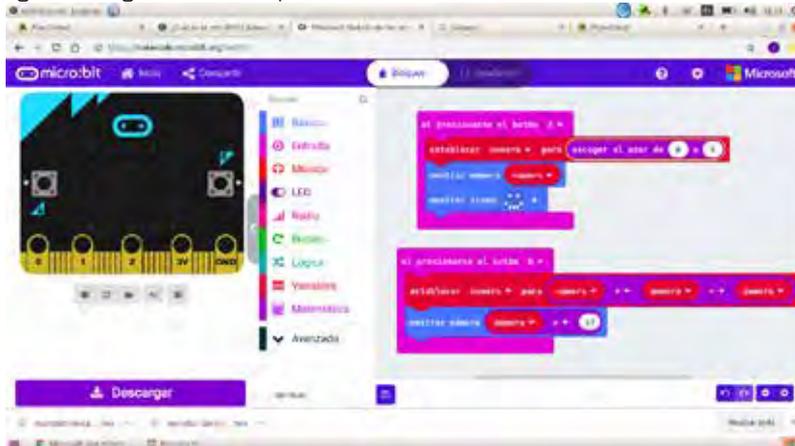
### *9.1 Evidencias asociadas a las "Habilidades y competencias matemáticas"*

En las propuestas de resolución de los profesores se evidencian una serie de habilidades y competencias matemáticas útiles para el abordaje de la actividad. Si bien las características de la situación propuesta son propicias para que los alumnos puedan desarrollar procesos de exploración, experimentación, descomposición del problema en otros problemas de menor complejidad, justificación, argumentación, validación y modelación, son elocuentes algunos relatos que los docentes escribieron en la plataforma CREA en este sentido.

### *9.2 Proceso de validación*

"Hoy terminamos el reto N°3 y quedó probado en las micro:bit" (D3).

Figura 1. Programación de la placa micro:bit - Docente 3



Fuente: elaboración propia.

A través del comentario de esta docente, queda de manifiesto cómo los estudiantes buscan la validación a sus respuestas de manera intrínseca al problema, y no necesariamente en su docente. La tarea de testear programas es de hecho parte fundamental en la programación y, en el sentido descrito anteriormente, trasciende y es fundamental también en el quehacer matemático. Su equivalente en la resolución de problemas es la instancia de examinar la solución obtenida, paso clave y concluyente según Pólya (1989).

### 9.3 Múltiples caminos de resolución

“nos fue muy bien en este reto, se coparon bastante y encontraron caminos distintos que ni yo había pensado, lo cual me parece muy bueno. Comparto con ustedes un videíto del trabajo pero también nos filmamos en la radio” (D5)

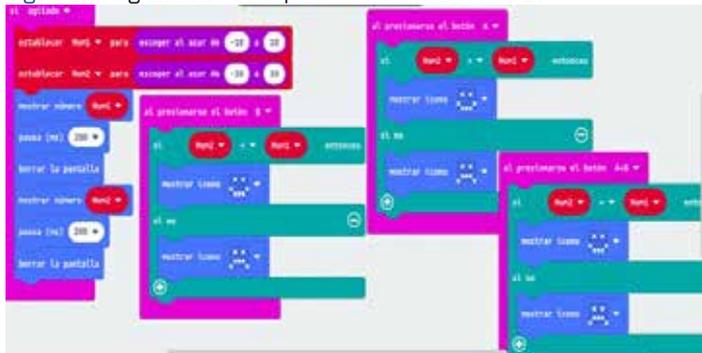
Aparece en la relatoría de la docente una característica que consideramos natural al programar y es que no existe un camino único de resolución. Muchas veces se asocia la matemática a métodos de resolución únicos e indiscutibles, pero el haberla abordado a través del desarrollo de un programa, deja explícito para los estudiantes que se puede resolver un problema siguiendo caminos diferentes.

### 9.4 Método de exhaustión

“en un subgrupo trabajaron con un montón de iconos diferentes para indicar el resultado correcto y el error, tics, caritas felices, corazones etc. Y además les surgió la duda de que pasa si justo se nos mostraban dos números iguales, por lo que decidieron agregar una condición más, que si los números eran iguales, había que apretar ambos botones a la vez para que la placa lo indicara como correcto” (D10).

Este comentario evidencia cómo el diseño de un programa relativamente sencillo conduce a que los estudiantes deban realizar análisis por exhaustión de una manera que surge como una necesidad del juego. A su vez, esta necesidad surge de examinar la solución obtenida, un paso que muchas veces los estudiantes omiten.

Figura 2. Programación de la placa micro:bit - Docente 10



Fuente: Elaboración propia.

### 9.5 Experimentar

"Probamos varias ideas pero la enviada es una utilizando Enteros. Este trabajo además de ser en coordinación con la docente de informática también tuvo la participación del laboratorio Ceilab en una experiencia con alumnos de 6tos de primaria" (D7).

Aunque el foco del reto no se encontraba en los distintos conjuntos numéricos, resultó interesante observar cómo la actividad obró como disparador para trabajar con ellos, aprovechándose el programa y haciendo cambios sencillos al mismo para probar distintas alternativas dependiendo del conjunto numérico utilizado. De este modo se logró trabajar en la clase de Matemática como un laboratorio, no solo en lo que respecta al uso del laboratorio Ceilab como entorno físico, sino principalmente a la modalidad de trabajo descrita por la docente en torno a la actividad planteada.

### 9.6 Evidencias asociadas al "Conocimiento matemático"

"En el día de hoy terminamos con el desafío 3 con (...) el Liceo de Capilla del Sauce-Florida. Trabajaron con reducción de la expresión algebraica y realizaron conclusiones excelentes" (D1).

Figura 3. Visualización de la programación en el sitio Makecode y placa micro:bit

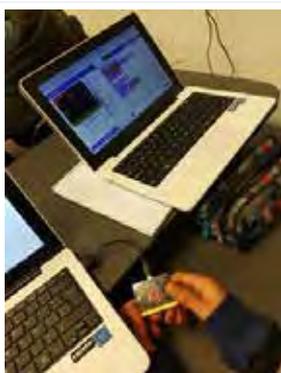
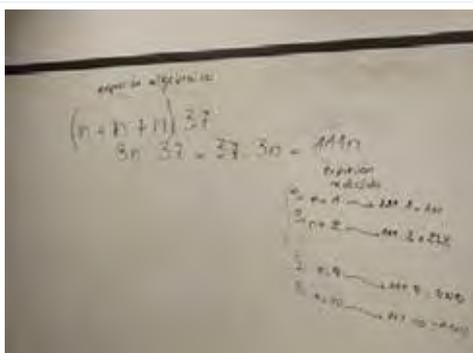


Figura 4. Resolución del problema - Docente 1



Fuente: Elaboración propia.

Los estudiantes, en conjunto con su docente, lograron significar el concepto de variable a partir de casos particulares para luego formalizarlo. Se logra así, a través de la práctica, introducir una forma de pensamiento más abstracta. Además de utilizar una variable como número general y en relación funcional, operaron con expresiones algebraicas.

Un aspecto relevante de la programación por bloques es el correcto anidamiento de estos. Su equivalente matemático, que es más notorio cuando los bloques están asociados a operaciones aritméticas, son los paréntesis. Aquí, si los bloques  $\{ + \}$  (repetido tres veces) y  $\{ \times \}$  se hubieran “encastrado” de otra manera, el resultado no hubiera sido el esperado, equivalentemente a si se cambia el lugar de los paréntesis en una expresión matemática. Una de las diferencias es que, si se diera un error en el anidamiento de los bloques, el propio programa lo evidenciaría al ser testeado, no obteniéndose lo esperado.

Este aspecto queda claramente marcado en el trabajo presentado por la docente D5 en el siguiente enlace <https://makecode.microbit.org/49715-29332-08333-75022>

La evidencia que sigue muestra cómo el problema fue resignificado por el docente y sus alumnos.

“Hemos trabajado con el profesor de informática donde los alumnos realizaron algunas variantes, crearon una variable mayor-menor para tres números. Hicieron el Código para par e impar también” (D13).

Una vez más, tomando como base una programación relativamente sencilla, lograron realizar adaptaciones que se consideraron interesantes y oportunas. Las mismas siguieron la línea del trabajo en torno al mismo concepto matemático (orden) y otros (divisibilidad). Así, la potencialidad de usar la programación en la clase de matemática se ve reflejada en las palabras del docente.

### *9.7 Evidencias asociadas al “Trabajo en equipo”*

Si bien no se explicita como uno de los requisitos de la actividad, observamos cómo naturalmente se abordó a través del trabajo en equipo. Este aspecto es tan importante en la programación como en la Matemática, y propiciar de manera natural y productiva este tipo de trabajo constituye uno de los objetivos del Encuentro Matemático y de la Educación misma.

Figura 5. Trabajo en equipo - Docente 4



Fuente: elaboración propia.

“Logramos concluir con el reto 3. Nos costó, probamos y probamos hasta que se logró, investigaron sobre el programa porque no lo conocían. Algunas fotos del trabajo en equipo” (D4).

“estamos participando con alumnos de primer año, algunos de ellos en la escuela habían trabajado con micro:bit, pero en su mayoría esta es la primera experiencia. Como en todo grupo hay alumnos muy motivados que están buscando las respuestas y la mandan por WhatsApp a los demás. Mañana viernes haremos la puesta en común de lo que hemos logrado y lo comparto por acá, también fotos de ellos trabajando” (D7).

[https://drive.google.com/file/d/1TkoG9aLhQA\\_qs8L07ArUdnPm69OGMocF/view?usp=sharing](https://drive.google.com/file/d/1TkoG9aLhQA_qs8L07ArUdnPm69OGMocF/view?usp=sharing)

La actividad también posibilitó un cambio en los roles, en este caso la docente se mostró receptiva a aprender de sus alumnos.

“En el momento de plantear la actividad, los alumnos me comentaban que algunos ya habían trabajado en la escuela con la placa así que hicieron duplas con los que no la conocían para hacer la programación, comenzamos en el simulador. Yo no había trabajado con micro:bit así que les dije que serían mis profes, ... En este reto vi mucho trabajo en equipo y como se ayudaban los alumnos entre sí para lograr hacer la actividad, hubo más motivación, solidaridad” (D12).

<https://drive.google.com/file/d/1vBZE3zXjA8skP0qwZ2n0MsVvR3jXm1ys/view?usp=sharing>

Así, el rol de la docente se desdobra como guía para ciertos momentos didácticos, y como aprendiz en otros. Esto fortalece vínculos y de hecho es algo que se explicita en su relato.

Por otra parte, el poder pensar el reto bajo una doble dimensión en cuanto a habilidades involucradas (matemática - programación), permitió formar duplas con sentido, teniendo un motivo para elegir sus integrantes, donde cada estudiante pudo complementar a su compañero o compañera de equipo.

### *9.8 Evidencias que dan cuenta de las “Habilidades digitales”*

Si bien consideramos que varios de los ejemplos propuestos en las demás categorías son señal elocuente de las habilidades digitales de los docentes, quisimos señalar otras que por su singularidad no están incluidas en las otras categorías.

“comenzaron a crear el juego, el mismo dura 60 segundos, si contestan bien, el juego les brinda un punto y si contestan mal, el juego les resta un punto. Para crear el juego, retomaron lo trabajado en el curso del año anterior: pensamiento computacional. En este grupo, están acostumbrados a trabajar con la micro:bit, dado que tienen una sala de robótica en dicha institución” (D8).

Propuesta entregada por la docente: [https://makecode.microbit.org/\\_FuR9tPJP08M](https://makecode.microbit.org/_FuR9tPJP08M)

## **10. Discusión y conclusiones**

A través de los testimonios de los docentes, que han participado del estudio, se ha podido constatar que el uso que ellos hacen de placa micro:bit para llevar adelante actividades como la propuesta en el Reto 3 del concurso, Encuentro Matemático permite transformar y mejorar las prácticas de enseñanza.

Estos docentes concuerdan que el uso de la placa micro:bit posibilitó mejorar la comprensión de conceptos matemáticos como variable, relaciones de orden, divisibilidad, conjuntos numéricos, entre otros presentes en la actividad propuesta. Así mismo entienden que posibilitó la promoción de una gran variedad de procesos constitutivos de la resolución de problemas como: exploración, experimentación, descomposición, justificación, argumentación, validación, abstracción y modelación. Pero también esta tecnología digital les ha permitido estimular el interés y la motivación de los alumnos por el aprendizaje, la creatividad, y ha sido fuente de promoción del trabajo colaborativo y las interacciones sociales. Los señalamientos que los docentes hacen en el focus nos permitieron determinar cuatro categorías: “Uso de tecnología digital incide favorablemente en la mejora de la enseñanza de la Matemática”, “Entornos de aprendizaje dinámicos”, “Aprendizajes relevantes que estimulan procesos cognitivos”, “Trabajo colaborativo” que se refuerzan a partir de la revisión documental de las actividades proporcionadas por los docentes.

Las evidencias documentales que hemos podido recoger, en la plataforma CREA, son elocuentes respecto a los usos transformadores, Puentedura (2006), que ofrece la programación de la placa micro:bit como una forma de organizar las actividades pedagógicas de una manera innovadora que sería imposible de realizar si no se dispusiera de una tecnología digital con las singularidades de este recurso.

La incorporación de la tecnología por sí sola no genera cambio en los aprendizajes, ya que si bien tiene el potencial para realizarlo no es suficiente para concretarlo. La transformación se concreta con el acompañamiento de la tecnología digital con sugerencias y orientaciones técnico-pedagógicas que hacen al cambio metodológico y que determinan el uso que se da a éstas en los ámbitos educativos. Este aspecto se materializa en las propuestas que se enviaron a los docentes, que además de contener propuesta de la situación problemática, fueron acompañadas de una serie de materiales escritos y audiovisuales conteniendo sugerencias y orientaciones metodológicas, específicamente, de cómo utilizar la placa micro:bit y algunas pautas para su incorporación en la resolución del problema.

La evidencia señaló que además de estos materiales, la forma en que cada docente organizó el trabajo con sus alumnos y los procesos de construcción conjunta que se han desplegado, “redefinen” los procedimientos de las guías preestablecidas. Es justamente en estas interacciones entre los participantes y en esta redefinición de procesos, que además se nutre de: conocimientos previos, expectativas, motivación y el contexto, donde la tecnología digital cobra un sentido pedagógico. Este hallazgo es coincidente con algunos estudios internacionales (Coll, Onrubia y Mauri, 2007; Coll, 2004) sobre la capacidad de transformación y mejora de las prácticas de enseñanza de la Matemática mediadas con tecnología digital.

Los hallazgos de este estudio deben ser interpretados teniendo en cuenta las posibles limitaciones propias del enfoque utilizado. Vemos conveniente para futuros trabajos utilizar un enfoque mixto que permita contrastar y potenciar los hallazgos con resultados que provengan tanto de estudios cualitativos como cuantitativos.

## Referencias

- Arias, M. (2000). *La triangulación metodológica: sus principios, alcances y limitaciones*. Disponible en <https://bit.ly/3h5LG7z>
- Attard, C. (2015). Introducing iPads into primary mathematics classrooms: teachers' experiences and pedagogies. In: Meletiou Mavrotheris, M, Mavrou K.; Papanistodemou, E. (org.). *Integrating touch enabled and mobile devices into contemporary mathematics education* (pp. 197-217). Hershey: IGI Global.
- Bansilal, S. (2015). Exploring student teachers' perceptions of the influence of technology in learning and teaching mathematics. *South African Journal of Education, Pretoria*, 35(4), 1-8. <https://doi.org/10.15700/saje.v35n4a1217>
- Barbour, R. (2013). *Los grupos de discusión en Investigación Cualitativa*. Madrid: Morata.
- Coll, C. (2004). Los usos de las TIC en los procesos formales y escolares de enseñanza y aprendizaje. *Revista Tecnología y Prácticas Educativas*, 25, 17-19.
- Coll, C., J. Onrubia, y T. Mauri, T. (2007). Tecnología y prácticas pedagógicas: las TIC como instrumentos de mediación de la actividad conjunta de profesores y estudiantes, *Anuario de Psicología*, 38(3), 377-400.
- Dussel, I. (2011). Aprender y enseñar en la cultura digital. *VII Foro Latinoamericano de Educación TIC y educación: experiencias y aplicaciones en el aula*. Disponible en <https://bit.ly/2WQoTpz>
- García-González, L. y Solano-Suarez, A. (2020). Enseñanza de la Matemática mediada por la tecnología. *EduSol*, 20(70), 84-99. Disponible en <https://bit.ly/38FUInc>
- Glaser, B. y Strauss, A. (1967). *The discovery of grounded theory*. Chicago: Aldine Press.
- Goehle, G. y Wagman, J. (2016). The impact of gamification in web based homework. *Problems, Resources, and Issues in Mathematics Undergraduate Studies*, 26(6), 557- 569. <https://doi.org/10.1080/10511970.2015.1122690>
- Ibáñez, J. (1992). *Más allá de la sociología. El grupo de discusión*. Teoría y crítica. Siglo XXI, Madrid.
- Korma, R. (2005). Monitoring and Evaluation of ICT for Education Impact: A Review. In Wagner, D., Day, B., James, T., Kozma, R., Miller, J., and Unwin, T. (Eds.). *Monitoring and evaluation of ICT in education projects: A handbook for developing countries*, (pp. 11-20). Washington, D.C.: The World Bank.
- Miles, M. y Huberman A. (1984). *Qualitative data analysis. A source book of new methods*, Beverly Hills, Sage
- Pecharromás, C. (2014). El aprendizaje y la comprensión de los objetos matemáticos desde una perspectiva ontológica. *Educación matemática*, 26(2), 111-133. Recuperado de <https://bit.ly/2WX94wD>
- Pólya G. (1989). *Cómo plantear y Resolver problemas*. México. Editorial Trillas
- Puentadura, R. (2006). *Transformation, technology, and education* [Audio en podcast]. Recuperado de <http://hippasus.com/resources/tte/>
- Revelo, J. (2017). Modelo de integración de la competencia digital docente en la enseñanza de la matemática en la universidad tecnológica equinoccial. (*Doctoral dissertation*). Universidad de Extremadura. Recuperado de <https://bit.ly/3h3ncfi>
- Rivera-Vargas P. y Cobo-Romani C. (2020). Digital learning: distraction or default for the future. *Digital Education Review*, 37. <http://greav.ub.edu/der/>
- Sosa, M. (2015). *El proceso de integración de las tecnologías de la información y comunicación en centros de Educación Primaria: Estudio de caso múltiple* (Tesis Doctorado). Departamento de Ciencias de la Educación. Universidad de Extremadura, Cáceres. Recuperado de <https://bit.ly/3tj3qB5>
- Tedesco, J. (2012) *"Educación y Justicia social en América Latina "*. Buenos Aires.

- Vaillant, D., Rodríguez-Zidán, E. y Bentancor-Biagas, G. (2020). Uso de plataformas y herramientas digitales para la enseñanza de la Matemática. *Ensaio: Avaliação e Políticas Públicas em Educação*, 28(108), 718-740. <https://doi.org/10.1590/S0104-40362020002802241>
- Vaillant, D. (2015). Prólogo. En "Educación y tecnología en el Uruguay: Una mirada desde la investigación" Recuperado de <https://bit.ly/3yOisQL>
- Valiente, O. (2010). 1-1 in *Education: Current Practice, International Comparative Research Evidence and Policy Implications*. OECD Education Working Papers, 44.
- Yuni, J. y Urbano, C. (2006). *Técnicas para investigar 2. Recursos metodológicos para la preparación de proyectos de investigación*: Córdoba: Brujas.

**Cómo citar en APA:**

Bentancor-Biagas, G, Velázquez, L., Machado, A. y López, I. (2021). El Plan CEIBAL y el uso de tecnología digital con sentido pedagógico para la enseñanza de la Matemática.El caso de la Placa micro:bit. *Revista Iberoamericana de Educación*, 87(1), 197-215. <https://doi.org/10.35362/rie8714647>









Delord, G. (2020). *Investigar en la clase de ciencia*. Madrid: Ediciones Morata. 79 páginas. ISBN: 978-84-18381-04-1

En los últimos años, el conocimiento ha incrementado su valor. Siendo éste tanpreciado que toma la denominación de capital cultural, capital educativo, capital intelectual y capital mental. Los Estados protegen este capital con patentes o derechos de autor. El conocimiento es pues sinónimo de poder; mientras que antes los países más poderosos eran aquellos que tenían mayor extensión de territorio, hoy los Estados más poderosos son quienes tienen el control económico y el control de los conocimientos. Por ello, en la actualidad las sociedades exigen a sus universidades que generen conocimientos y ciencia.

Habitualmente se concibe que hacer ciencia y formar investigadores es tarea exclusiva de las universidades, desconociéndose el rol que cumple la familia y la escuela en la formación de nuevos investigadores. La autora del libro *Investigar en la clase de ciencia*,

reconoce que se han ido formando estereotipos como: “La ciencia de los científicos se hace investigando y la ciencia de la escuela, la gran mayoría de las veces, memorizando la exposición del docente y los textos del libro” (p. 7), estereotipos que promueven una idea de lo complicado que es hacer ciencia y que esta labor está destinada solo para un reducido grupo de personas privilegiadas, y que la investigación solo puede ser desarrollada en los laboratorios, invisibilizándose las investigaciones en las ciencias sociales.

Estos y otros estereotipos son el punto de partida para que Delord nos presente el capítulo I: *¿Por qué investigar en el aula?*, enfatizando que, si los maestros “no cambian esta perspectiva y siguen enseñando la ciencia de forma tradicional, a través de la memorización mecánica de contenidos acabados, seguirán reproduciendo estos estereotipos” (p. 9). Teorías vigentes demuestran que las habilidades investigativas se van formando desde los primeros años de vida del ser humano, habilidades que pueden ser fortalecidas o atrofiadas en las instituciones educativas de todos los niveles. Desde esta mirada todos podemos investigar.

Si todos podemos investigar, independientemente del nivel educativo en que se cursa, es entonces imprescindible contar con docentes que propicien este espíritu investigativo con modelos didácticos –como una construcción teórico-formal–, sustentándose en teorías científicas con sesiones de aprendizaje orientadas a la formación paulatina de estos nuevos investigadores, y superar así el modelo *transmisivo* y *tradicional*.

La autora, comprometida con una praxis pedagógica que articule la enseñanza y aprendizaje con la investigación, nos presenta el capítulo II: *El modelo de investigación en el aula*, ahí considera que los docentes deben propiciar los conflictos cognitivos en los estudiantes para que ellos ingresen al mundo del por qué, para que nazcan de ellos interrogantes que puedan ser respondidas a través de la investigación. Los docentes deben desarrollar clases que “tengan valor y utilidad concreta y real y para promover ciudadanos alfabetizados científicamente (para qué) y no simplemente para aprobar un examen” (p. 21).

El libro no se queda en la parte teórica, por el contrario, basado en una revisión documental propone en el capítulo III: *Metodologías investigativas*, un conjunto de estrategias metodológicas para que los docentes puedan ejercer la práctica pedagógica acorde al párrafo anterior. Si bien, estas estrategias proceden del siglo anterior, se usan con frecuencia para promover la investigación en los estudiantes durante la ejecución del currículo.

Didácticamente nos da a conocer las características del aprendizaje basado en la indagación, con ejemplos nos va precisando cada una de sus etapas. Este mismo formato es empleado para promocionar la incorporación del aprendizaje basado en proyectos, aprendizaje basado en problemas, aprendizaje basado en casos y aprendizaje basado en experimentos en la planificación y puesta en práctica de las sesiones de aprendizaje.

En el capítulo IV: *El trabajo en equipo para investigar*, se analiza la interacción social de los seres humanos y se argumenta que, por nuestra naturaleza, vivimos en sociedad, nuestras actividades las realizamos en relación con otras personas, las investigaciones se realizan en equipos, por ende, el modelo didáctico investigativo debe contemplar el trabajo en equipo. El trabajo en equipo es "importante para desarrollar no solo la investigación y el aprendizaje, sino también para fomentar actitudes y valores vinculados al bien común y a un modelo de sociedad que debe saber integrar a todos, para llegar a conclusiones democráticas" (p. 44). Planteando que en el trabajo en equipo se debe considerar cuatro principios: Enseñar a investigar y construir conocimientos en común; enseñar a formar una sociedad más colectiva, solidaria y democrática; respetar las habilidades individuales y sumar las habilidades de todos; y, enseñar los procedimientos que favorecen la autogestión y la cooperación.

Producto de su experiencia en la formación de futuros docentes, Derlord plantea siete etapas en el trabajo en equipo: Debate con los estudiantes la manera de entender el trabajo en equipo; conformación de los equipos, discusión sobre las responsabilidades de los miembros; establecimiento de las normas de funcionamiento interno, ejecución de la dinámica de trabajo; y, evaluación del trabajo.

El aporte más significativo del libro, tal vez, se encuentra en el capítulo V: *¿Cómo diseñar una Unidad Didáctica Investigativa?*, es ahí donde se propone los siguientes componentes de la unidad didáctica investigativas: a) El modelo didáctico de referencia, es decir el Modelo de Investigación en el Aula o Modelo Constructivista e Investigativo; b) el contexto: las ideas de los alumnos; c) qué quiero enseñar, abarca el saber (conceptos), el saber operar mentalmente (procedimientos intelectuales), el saber hacer (habilidades psicomotrices) y el saber ser y actuar (actitudes, valores y emociones); d) para qué enseñar: los problemas relevantes, es decir, articular los contenidos con los problemas del contexto; e) *¿Cómo voy a enseñar?*, consiste en decidir la metodología de investigación que guiará las secuencias y el orden de las actividades, los materiales y recursos necesarios para llevarlas a cabo; y f) Qué y cómo evaluar, que es una etapa muy importante, la misma que debe ser formativa.

Como vemos, el libro nos proporciona de manera didáctica, en el plano teórico, acompañado de ejemplos y casos, los aspectos más importantes que los docentes deben de conocer y poner en práctica para incursionar a los estudiantes en el apasionante mundo de la investigación.

Edwin Roger Esteban Rivera  
Universidad Nacional Hermilio Valdizán, Perú

Una sociedad tan cambiante como la nuestra necesita de cambios (innovaciones) y adaptaciones en el ámbito educativo que permitan compaginar lo académico con las demandas sociales. Este primer monográfico constituye un muestrario de la pujanza de la comunidad de docentes e investigadores en su afán de hacer de la enseñanza de las ciencias una oferta atractiva y eficiente para las nuevas generaciones.

Uma sociedade em constante transformação como a nossa precisa de mudanças (inovações) e adaptações no campo da educação que permitam combinar o mundo acadêmico com as demandas sociais. Este primeiro número monográfico constitui uma amostra da força da comunidade de professores e pesquisadores no seu desejo de fazer do ensino de Ciências uma oferta atraente e eficiente para as novas gerações.



**OEI**

Organización de Estados  
Iberoamericanos

Organização de Estados  
Ibero-americanos